

Universidad Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática
Laboratorio de Sistemas Inteligentes



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT (EUROBOT08)

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Autor: Pablo Escribano García

Tutor: José María Armingol Moreno

Madrid, 2009



AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias a muchas personas que han contribuido de una u otra manera a su desarrollo.

He de comenzar dando las gracias a mi tutor José María Armingol Moreno por ofrecerme la posibilidad de participar en este proyecto, así como de aconsejarme y canalizar mi interés por la robótica en este proyecto, además de por su continuo apoyo y ánimo durante estos meses.

También agradecer a Arturo de la Escalera su apoyo a lo largo del proyecto.

Gracias a Ángela Nombela, por su ayuda y tiempo en intentar que no nos faltara material, proporcionarnos todo el que le pedíamos.

Un especial agradecimiento a todos los compañeros y miembros del equipo LSI de esta edición, Nacho, Rober, José, Laura, Vicky, Poty y Erick, gracias por su trabajo y el buen ambiente de trabajo.

También agradecer al resto de integrantes de otras ediciones de Eurobot, sus consejos y apoyo.

Dar gracias a mi familia que me ha apoyado en todo momento tanto a lo largo de mi carrera, como en el transcurso de este proyecto.

Gracias a mis compañeros de clase, junto con los que he trabajado y compartido buenos y malos momentos durante estos años.

Gracias a mis amigos que me han ayudado en todo lo que han podido, y me han apoyado cuando lo necesitaba.

Por último, gracias a esa persona que siempre está ahí.



ÍNDICE



ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	13
1.1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
1.3 CONTENIDO DEL PROYECTO	15
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE	17
2.1 INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA.....	18
2.2 HISTORIA DE LA ROBÓTICA.....	21
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS.....	26
2.4 ROBÓTICA EN LA ACTUALIDAD.....	31
2.4.1 Aplicaciones Industriales.....	31
2.4.2 Nuevos sectores de aplicación.....	36
2.5 EUROBOT.....	41
2.5.1 Ediciones anteriores.....	42
CAPÍTULO 3: PROBLEMA Y SOLUCIÓN	48
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	49
3.1.1 Definición de los Elementos del juego.....	49
3.1.2 Desarrollo del partido.....	56
3.2 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	58
CAPÍTULO 4: SISTEMA SENSORIAL Y DE ACCIONAMIENTO DE LA RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS	62
4.1 COMPOSICIÓN Y UBICACIÓN DEL SISTEMA SENSORIAL.....	63
4.2 SENSORES DE CONTACTO.....	63
4.2.1 Sensores internos	64

4.2.2	Sensores externos.....	66
4.3	SENSORES INFRAROJOS.....	67
4.4	ENCODERS.....	70
4.5	SISTEMA MECÁNICO DE RECOGIDA.....	72
4.5.1	Estructura adaptada para el dispensador vertical.....	73
4.5.2	Pala de empuje de muestras.....	73
4.5.3	Caja de recogida de muestras.....	75
4.6	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DESCARGA.....	75
4.7	SECUENCIA DE RECOGIDA DE MUESTRAS.....	77
4.8	SISTEMA DE ACCIONAMIENTO.....	79
4.8.1	Servomotores en el microrobot.....	77

CAPÍTULO 5: SISTEMA LOCOMOTOR Y DE POSICIONAMIENTO 82

5.1	SISTEMA DE TRACCIÓN.....	83
5.1.1	Ruedas.....	84
5.2	MOTORES.....	86
5.3	PLACA DE DRIVERS.....	87
5.4	POSICIONAMIENTO EN EL DISPENSADOR VERTICAL.....	90

CAPÍTULO 6: SISTEMA DE CONTROL Y ALIMENTACIÓN 91

6.1	ELECTRÓNICA DE CONTROL.....	92
6.2	MICROCONTROLADOR 8052.....	93
6.3	PLACAS DE CONTROL.....	95
6.3.1	Convertidor de niveles MAX232.....	97
6.4	BATERÍAS.....	99
6.5	PLACA DE POTENCIA.....	100

CAPÍTULO 7: ESTRATEGIA Y PROGRAMACIÓN 105

7.1	ESTRATEGIA ELEGIDA	106
7.2	ESTRATEGIA EQUIPO ROJO.....	107
7.3	ESTRATEGIA EQUIPO AZUL	107
7.4	ESTRATEGIA DE EVASIÓN.....	108
7.5	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	110
7.6	ENTORNO DE PROGRAMACIÓN	111
7.7	DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL	112
7.7.1	Diagramas de Flujo.....	112

**CAPÍTULO 8: DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS,
CABLEADO Y PLACA INTERMEDIA DE
CONEXIONES 123**

8.1	DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS.....	124
8.2	CABLEADO Y CONEXIONADO.....	126
8.2.1	Conexionado de la placa de drivers.....	126
8.2.2	Conexionado de la placa de control.....	128
8.3	PLACA INTERMEDIA.....	129

**CAPÍTULO 9: RESULTADOS, CONCLUSIONES Y
MEJORAS 133**

9.1	RESULTADOS.....	134
9.2	CONCLUSIONES.....	134
9.3	MEJORAS PROPUESTAS.....	135

CAPÍTULO 10: PRESUPUESTO 136

10.1	COSTE DE MATERIAL.....	137
10.1.1	Estructura.....	137
10.1.2	Sistema de recogida y almacenamiento de muestras.....	137
10.1.3	Electrónica.....	137



10.1.4 Sistema Locomotor.....	138
10.1.5 Campo de pruebas.....	138
10.2 COSTE DE PERSONAL.....	138
10.3 PRESUPUESTO FINAL.....	139
 CAPÍTULO 11: BIBLIOGRAFÍA	 136
11.1 RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS.....	141
11.2 RECURSOS ELECTRÓNICOS.....	141
 ANEXOS	 143

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 2.1.1: Robótica intersección de varias disciplinas.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 2.1.2: Portada de la novela RUR y robot se su representación teatral.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 2.1.3: Portadas de la novelas “Yo robot” y “Robot Dreams” de Isaac Asimov.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 2.2.1: Autómatas de Heron.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 2.2.2: Pato con aparato digestivo de Vaucanson.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 2.2.3: Gallo de Estrasburgo.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 2.2.4: León mecánico de Leonardo Da Vinci.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 2.2.5: “El Turco” de Kempeler.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 2.2.6: “La pianista” y “El dibujante” de Jaquet-Droz.....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 2.2.7: Robot SCARA</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 2.3.1: Mano robótica.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 2.3.2: Mano de aprendizaje</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 2.3.3: Robots con control por computador.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 2.4.1.1: Aplicaciones Industriales, trabajos en fundición.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 2.4.1.2: Aplicaciones Industriales, Soldadura.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 2.4.1.3: Aplicaciones Industriales, Aplicación de materiales.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 2.4.1.4: Aplicaciones Industriales, Alimentación de máquinas.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 2.4.1.5: Aplicaciones Industriales, Procesado.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 2.4.1.6: Aplicaciones Industriales, Corte.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 2.4.1.7: Aplicaciones Industriales, Montaje.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 2.4.1.8: Aplicaciones Industriales, Paletización.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 2.4.1.9: Aplicaciones Industriales, Manipulación en salas blancas.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 2.4.2.1: Robot esquilador.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 2.4.2.2: Brazo robótico espacial.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 2.4.2.3: Robot espacial Mars Lander y Mars Rover.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 2.4.2.4: Robot submarino.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 2.4.2.5: Robot para almacenamiento de residuos radioactivos.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 2.4.2.6: Unidad de cirugía robotizada.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 2.5: Logotipo de Eurobot.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 2.5.1. Eurobot 1998. Fútbol.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 2.5.2. Eurobot 1999. Ataque al castillo.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 2.5.3. Eurobot 2000. Parque de atracciones.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 2.5.4. Eurobot 2001. Odisea en el espacio.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 2.5.5. Eurobot 2002. Billar aéreo.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 2.5.6. Eurobot 2003. Cara o Cruz.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 2.5.7. Eurobot 2004. Rugby de cocos.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 2.5.8. Eurobot 2005. Juego de bolos.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 2.5.9. Eurobot 2006. Funny Golf.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 2.5.10. Eurobot 2007. Rally de reciclado.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 3.1.1.1: Campo de juego.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 3.1.1.2: Distribución de los soportes para las balizas en el campo de juego.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 3.1.1.3: Muestras y hielo.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 3.1.1.4: Dispensador vertical.....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 3.1.1.5: Cepillo de la base del dispensador vertical.....</i>	<i>52</i>

<i>Ilustración 3.1.1.3: Dispensador horizontal.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 3.1.1.7: Distribución de Muestras y Hielo en el Área de Juego.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 3.1.1.8: Contenedor estándar.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 3.1.1.9: Contenedor refrigerado.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 3.2.1: Primer prototipo del robot “Esbirro”.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 3.2.2: Estructura de aluminio de “Esbirro 2.0”.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 3.2.3: Disposición de los sistemas en el interior de la estructura.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 3.2.4: Acabado final de “Esbirro 2.0”.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 4.2.1: Bumper SS-5GL.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 4.2.1.1: Sensor de detección del dispensador vertical.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 4.2.1.2: Sensor de fin de recorrido de la pala.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 4.2.1.3: Sensor de detección de posición inferior de la caja.....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 4.2.1.4: Sensor de detección de posición superior de la caja.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 4.2.2.1: Sensores fin de carrera zona trasera.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 4.2.2.2: Sensores fin de carrera de la parte delantera.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 4.3.1: Método de triangulación de los sensores infrarrojos.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 4.3.2: Detalle y esquema interior de un GP2D12.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 4.3.3: Esquema del conexionado del sensor GP2D12.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 4.3.4: Localización de los sensores GP2D12 en la parte trasera del robot.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 4.3.5: Localización de los sensores GP2D12 en la parte delantera del robot.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 4.4.1: Esquema de funcionamiento de un encoder.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 4.4.2: Encoder Bernio EB50.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 4.4.3: Esquema eléctrico del encoder Bernio EB50.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 4.5.1.1: Abertura de acoplamiento del dispensador vertical.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 4.5.1.2: Acoplamiento del robot con el dispensador vertical.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 4.5.2.1: Pala de empuje de muestras.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 4.5.2.2: Detalle de los rodillos antibloqueo en la recogida de muestras.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 4.5.3.1: Caja de recogida de muestras.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 4.6.1: Rampa de almacenamiento de muestras y barrera de descarga.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 4.6.2: Detalle de la rampa, puede almacenar 5 muestras.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 4.6.3: Perfil en cuña de arrastre de muestras.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 4.7.1: Muestra preparada para ser cargada.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 4.7.2: Muestra alojada en el interior de la caja de recogida.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 4.7.3: Muestra ascendiendo hasta la rampa de almacenamiento.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 4.7.4: Muestra almacenada en la rampa.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 4.8.1: Detalle del servo S3003 de Futaba</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 4.8.1.1: Servo de la pala de empuje.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 4.8.1.2: Servo de la caja de recogida.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 4.8.1.3: Servo de la barrera de la puerta de descarga.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 5.1.1: Ejemplos de tracción por patas y tracción por orugas.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 5.1.2: Clasificación de sistemas de dirección motriz.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 5.1.1.1: Ruedas de neopreno.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 5.1.1.2: Ruedas de neopreno con funda de goma.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 5.1.1.3: Ruedas locas traseras.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 5.1.1.4: Rueda loca delantera.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 5.1.1.5: Disposición de las ruedas locas.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 5.2.1: Motor Bernio MR 615 30Q.....</i>	<i>87</i>

<i>Ilustración 5.3.1: Características del driver de potencia LMD18200.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 5.3.2: Diagrama de bloques del driver de potencia LMD18200.....</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 5.3.3: Detalle y configuración de los pines del driver de potencia LMD18200.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 5.3.4: Placa de Drivers de potencia.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 5.4.1: Ruedas de rotación libre para corrección de trayectoria.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 5.4.2: Corrección de la trayectoria gracias a las ruedas instaladas.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 6.1.1: Diagrama de bloques de un Microcontrolador.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 6.2.1: Encapsulado del microcontrolador DS89C450.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 6.2.2: Diagrama funcional de bloques del microcontrolador DSC89C450.....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 6.2.3: Configuración de los pines del microcontrolador DSC89C450.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 6.3.1: Esquema de conexión para la programación del microcontrolador.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 6.3.2: Placa de control.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 6.3.1.1: Circuito integrado MAX232.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 6.3.1.2: Esquema de acondicionamiento del integrado MAX232.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 6.3.1.3: Mapa de conexiónado Null-Modem.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 6.4.1: Características de la batería Yuasa NP4-12RS.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 6.5.1: Regulador 7805 y un ejemplo de aplicación típico.....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 6.5.2: Características del convertidor de potencia LM2596T.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 6.5.3: Diagrama de Bloques del convertidor de potencia LM2596T.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 6.5.4: Encapsulado del convertidor de potencia LM2596T.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 6.5.5: Circuito convertidor reductor de 12 Vcc a 5 Vcc.....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 6.5.6: Placa de potencia.....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 6.5.7: Circuito convertidor reductor de 12 Vcc a 6 Vcc.....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 6.5.8: Situación de la seta.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 7.1.1: Detalle del conmutador de color.....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 7.2.1: Estrategia equipo rojo.....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 7.3.1: Estrategia equipo azul.....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 7.4.1: Esquema estrategia evasión 1.....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 7.4.2: Esquema estrategia evasión 2.....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 7.4.3: Esquema estrategia evasión 3.....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 7.4.4: Esquema estrategia evasión 4.....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 7.6.1: Detalle del programa μVision.....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 7.6.2: Detalle del programa MTK2.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 8.1.1: Base del robot.....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 8.1.2: Dos niveles para colocar la electrónica.....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 8.1.3: Sistema de control en el nivel superior con acceso directo a conexión para programación.....</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 8.1.4: Posición de la batería en el robot.....</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 8.2.1: Conectores IDC y Molex.....</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 8.2.1.1: Conector de alimentación de la placa de drivers.....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 8.2.1.2: Conectores de los motores de la placa de drivers.....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 8.2.1.3: Conector de control de motores de la placa de drivers.....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 8.2.2.1: Conector IDC de la placa de control.....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 8.3.1: Placa intermedia de conexiones.....</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 8.3.2: Conector IDC "Alimentación Placa Driver".....</i>	<i>129</i>

<i>Ilustración 8.3.3: Conector IDC “Salida Placa Driver”</i>	<i>130</i>
<i>Ilustración 8.3.4: Conector IDC “Placa GP2D12”</i>	<i>130</i>
<i>Ilustración 8.3.5: Conectores Molex del sistema gestor de muestras</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 8.3.6: Conectores Molex “Bumpers de posición”</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 8.3.7: Conector Molex “Selector de color”</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 8.3.8: Conector Molex “Selector de color”</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 8.3.9: Comunicación entre microcontroladores</i>	<i>132</i>



CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos el hombre ha inventado, utilizando su ingenio, todo tipo de artilugios mecánicos para tratar de realizar las tareas más costosas y duras.

Con el paso de los años esos artilugios fueron cada vez más complejos y podían realizar más tareas, de este modo la robótica es un campo en continuo desarrollo porque estos “artilugios”, que hoy en día llamamos robots se están implantando en ámbitos muy dispares, ya no sólo para realizar las tareas más duras sino también relacionarse con seres humanos o simplemente para entretenernos como es el objeto del presente proyecto.

Este proyecto surge al formarse un equipo compuesto por alumnos de la Universidad Carlos III de Madrid, en cargado de representar al LSI (Laboratorio de Sistemas Inteligentes) en una nueva edición del concurso anual Eurobot.

En este concurso se propone un desafío a los participantes que tendrán que diseñar y construir un microrobot capaz de enfrentarse en un partido con otros participantes.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es diseñar y construir un microrobot capaz de competir, cumpliendo la normativa correspondiente, en la competición de Hispabot, en España, con posibilidades de competir en Eurobot, en Heidelberg (Alemania) en caso de clasificación.

Nuestro principal objetivo era conseguir clasificarnos para la competición Europea, quedando entre los tres primeros puestos del Hispabot. Para ello nos centramos en diseñar un robot fiable, sencillo y robusto de manera que pudiéramos asegurar que el robot fuera capaz realizar un mínimo de puntos en cualquier situación desfavorable.

A partir de aquí comenzamos a pensar como podría ser la forma y estructura de nuestro robot, para ello realizamos reuniones en las que se realizaban tormentas de ideas en las que cada uno aportaba su idea o pensamiento de cómo podía estar construido el robot, o simplemente algún detalle. También se empezaban a diseñar de manera muy superficial los distintos sistemas de los que iba a estar constituido el robot, como por ejemplo una de los primeros problemas era diseñar un sistema de recogidas de muestras y un sistema de almacenamiento de las mismas, los cuales determinarían en gran medida la geometría del robot.

De este modo empezamos a diseñar un primer prototipo, en el que probar las distintas ideas que habían surgido y en el que realizar las modificaciones que fueran necesarias. Para posteriormente construir la versión definitiva que participaría en el concurso.

1.3 CONTENIDO DEL PROYECTO

El proyecto se compone de las siguientes partes:

Capítulo 2: Estado del Arte

En este capítulo recorreremos la historia de la robótica desde sus inicios, hasta las aplicaciones actuales de la robótica y perspectivas de futuro. También daremos una visión de la historia del concurso Eurobot desde sus inicios hasta la presente edición que motiva este proyecto.

Capítulo 3: Problema y solución

Se expondrá en qué consiste el reto de esta edición de Eurobot, explicando la normativa y las diferentes soluciones propuestas a los problemas que iban surgiendo.

Capítulo 4: Sistema sensorial y de accionamiento de la recogida y almacenamiento de muestras

Se procederá a la explicación del sistema sensorial del robot, indicando los diferentes sensores y electrónica de acondicionamiento necesaria. También daremos una explicación del sistema de recogida de muestras del robot, como las muestras se recogen del campo y como se almacenan en el interior del robot.

Capítulo 5: Sistema locomotor y de posicionamiento

Se explicará el sistema de tracción del robot, explicando los distintos sistemas de agarre y ruedas acopladas. También se expondrá como el robot se posiciona en el dispensador vertical.

Capítulo 6: Sistema de control y de alimentación

Se explicará como el sistema de control gestiona y controla los movimientos del robot, recibiendo la información de los sensores y generando la respuesta a esa información y expondremos como está diseñado el sistema de alimentación del robot, incluyendo la batería, y la electrónica de potencia requerida para las distintas alimentaciones.

Capítulo 7: Estrategia y programación

Esclareceremos los pormenores de la estrategia más óptima elegida y expondremos un diagrama de bloques de cómo funciona el programa principal, las distintas funciones y subrutinas.

Capítulo 8: Unión de los Sistemas, Cableado y Placa intermedia de conexiones

Se explicará cómo se han unido todo los sistemas, el cableado y conexionado de la placa intermedia.

Capítulo 9: Resultados, Conclusiones y Mejoras

Resumiremos los resultados obtenidos en la competición, sacaremos las conclusiones pertinentes y concretaremos algunas posibles mejoras del robot.

Capítulo 10: Presupuesto

En este capítulo recopilaremos los costes derivados durante el diseño y la construcción del microrobot en este proyecto.

Capítulo 11: Bibliografía

Detallaremos las distintas fuentes y referencias de información utilizadas en este proyecto.

Anexos

Se detallan distintos aspectos de todo el microrobot, aportando documentación de interés.



CAPÍTULO 2:

ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA

¿Qué es la robótica? Aunque los términos robótica y robot han tenido distintas definiciones a lo largo de la historia, vamos a señalar algunas:

“Robótica, Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales”. Real Academia Española [8]

La robótica es la ciencia encaminada a diseñar y construir aparatos y sistemas capaces de realizar tareas propias de un ser humano. [9]

El diseño, fabricación y utilización de máquinas automáticas programables con el fin de realizar tareas repetitivas como el ensamble de automóviles, aparatos, etc. y otras actividades. Básicamente, la robótica se ocupa de todo lo concerniente a los robots, lo cual incluye el control de motores, mecanismos automáticos neumáticos, sensores, sistemas de cómputos, etc. [10]

La robótica es un campo tecnológico que engloba varias disciplinas, como son mecánica, informática, automática, electricidad, electrónica y organización. [7]

Robótica

Campo tecnológico: Intersección de varias disciplinas.

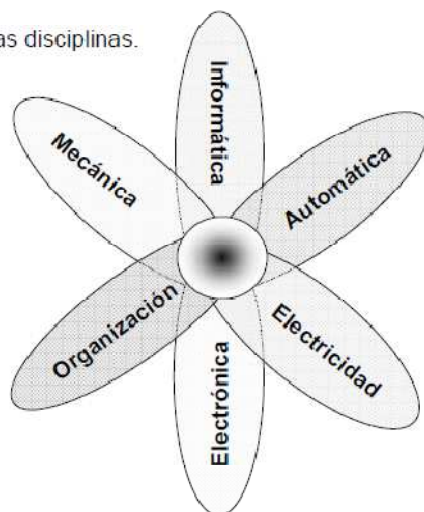


Ilustración 2.1.1: Robótica intersección de varias disciplinas

¿Qué es un robot? A la hora de definir el término robot nos vienen a la mente varias imágenes, algunas de la ficción, como la de máquinas realizando trabajos productivos, imitando los movimientos y comportamientos de seres vivos.

Un robot es una obra de ingeniería concebida para producir bienes y servicios o explotar los recursos naturales.

El origen del término "*robot*" proviene de la novela RUR (Robots Universales Russum) del autor Karel Capek, publicada en 1920 en Checoslovaquia, patria del autor; fue representada en el teatro nacional de Praga el 25 de Enero de 1921, y publicada en

inglés en 1923. Esta obra trata sobre un brillante científico llamado Rossum y su hijo, quienes desarrollan una sustancia química que es similar al protoplasma. [11]

Utilizan ésta sustancia para fabricar robots, y sus planes consisten en que los robots sirvan a la clase humana de forma obediente para realizar todos los trabajos físicos. Rossum sigue realizando mejoras en el diseño de los robots, elimina órganos y otros elementos innecesarios, y finalmente desarrolla un ser “perfecto”. El argumento experimenta un giro desagradable cuando los robots perfectos comienzan a no cumplir con su papel de servidores y se rebelan contra sus dueños, destruyendo toda la vida humana.

“Robot” es una derivación del término checo “robota” que, al igual que en ruso, significa “servidumbre o trabajador forzado”, cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot. Aunque su nombre provenga de la obra RUR de 1920, el concepto de robot es muy anterior. [11]

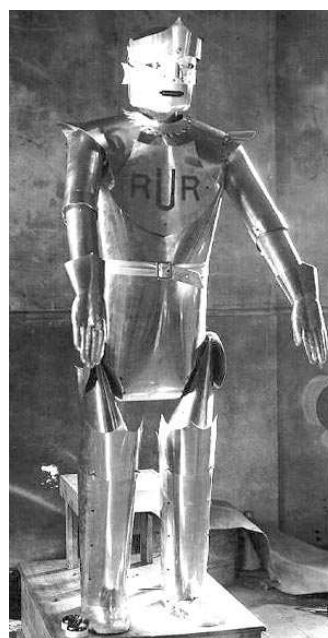


Ilustración 2.1.2: Portada de la novela RUR y robot se su representación teatral

Algunas definiciones de robot, según distintas asociaciones:

“Robot, Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas.” Real Academia Española [12]

Robot Industry Association (RIA)

“Un robot industrial, es un manipulador multi-funcional reprogramable, capaz de mover cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias varias, programadas para la ejecución de tareas diversas”. [7]

Asociación Francesa de Normalización (AFNOR)

Robot: “Manipulador automático servocontrolado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas.

Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca.

Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente uno de percepción del entorno.

Su uso es para realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material”. [7]

Estas definiciones quedan rápidamente obsoletas por la permanente y rápida evolución de los robots, siendo preciso readaptarlas y ampliarlas con gran frecuencia.

El máximo impulsor del término “robótica” y del término “robot” fue Isaac Asimov (1920 - 1992). Asimov escribió varios libros en los que los robots tienen un papel protagonista.

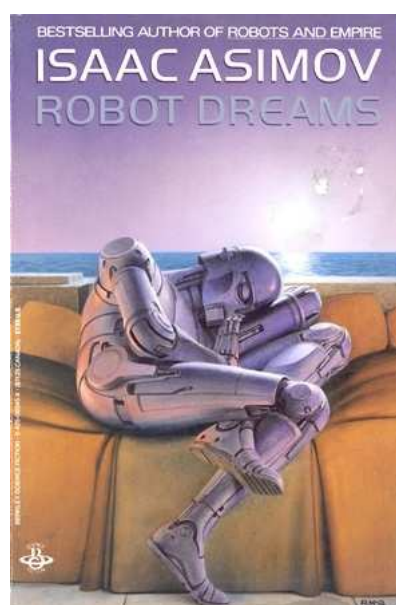
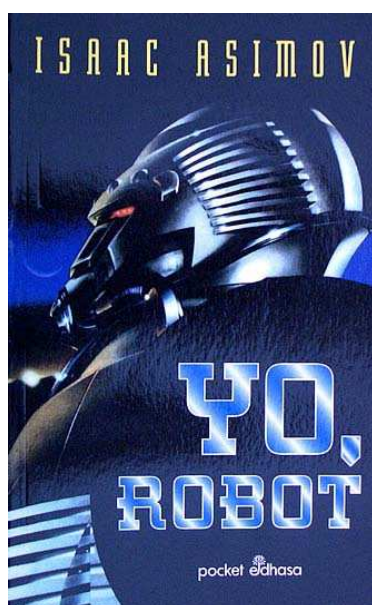


Ilustración 2.1.3: Portadas de la novelas “Yo robot” y “Robot Dreams” de Isaac Asimov

En octubre de 1945, Asimov publica en la revista Galaxy Science Fiction, una historia en la que por primera vez enunció sus tres leyes de la robótica. [7]

Leyes de la Robótica

1. *Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un ser humano sufra daño.*
2. *Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si tales órdenes entran en conflicto con la primera ley.*
3. *Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley.*

Asimov en su novela “Robots e Imperio” en 1985, incorpora su cuarta ley conocida como ley cero:

4. *Un robot no puede lastimar a la humanidad o, por falta de acción, permitir que la humanidad sufra daños.* [7]

2.2 HISTORIA DE LA ROBÓTICA

El concepto robótica está íntimamente relacionado a lo largo de la historia con el concepto de autómeta. La palabra autómeta deriva de la palabra griega “Automatos”.

Automatos: Palabra griega específica para denominar máquinas y dispositivos capaces de imitar las funciones y los movimientos de los seres vivos.

“Autómata,

1. *Instrumento o aparato que encierra dentro de sí el mecanismo que le imprime determinados movimientos.*

2. *Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.”*

Real Academia Española [13]

Durante siglos, el ser humano ha construido máquinas que imitan partes del cuerpo humano. La historia de la robótica se remontan al Antiguo Egipto donde las estatuas de algunos dioses o reyes escupían fuego por sus ojos, otras poseían brazos mecánicos operados por sacerdotes y algunas como la de Memon de Etiopía emitían sonidos cuando los rayos del sol los iluminaba, de este modo conseguían causar el temor y el respeto a todo aquel que las contemplara. [14]

También en la Grecia clásica existían estatuas con movimiento gracias a energías hidráulicas. Herón de Alejandría (10 dC -70 dC) un ingeniero griego, escribió

varios tratados como “*Los autómatas*” donde explica la creación de mecanismos, que imitaban el movimiento, tales como aves que gorjean, vuelan y beben, estatuas que sirven vino o puertas automáticas todas producidas por el movimiento del agua, la gravedad o sistemas de palancas. [14]



Ilustración 2.2.1: Autómata de Herón

El califa Harún Al-Raschid (763 - 809) regaló a Carlomagno, un reloj en el año 809, en el cual aparecían figuras que daban la hora. [15]

Al-Jazari (1260) uno de los más grandes ingenieros de la historia, inventor del cigüeñal y los primeros relojes mecánicos movidos por pesos y agua entre otros muchos inventos de control automático, estuvo también muy interesado en la figura del autómata creando su complejo reloj elefante, animado por seres humanos y animales mecánicos que se movían y marcaban las horas o un autómata con forma humana que servía distintos tipos de bebidas. [14]

El inicio de la robótica actual puede fijarse en la industria textil del siglo XVIII, cuando Joseph Jacquard inventa en 1801 una máquina textil programable mediante tarjetas perforadas. Luego, la Revolución Industrial impulsó el desarrollo de estos agentes mecánicos. Además de esto, durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron contruidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots. [16]

Jacques de Vaucanson (1709), excelente relojero pero con amplios conocimientos de música, anatomía y mecánica, quería demostrar mediante sus autómatas la realización de principios biológicos básicos, tales como la circulación, la digestión o la respiración, sobre esta última función versó su primera creación “El Flautista” figura con forma de pastor y de tamaño natural que tocaba el tambor y la flauta con un variado repertorio musical. Vaucanson lo presentó en la Academia de Ciencias Francesa cosechando un gran éxito.

Más tarde, en 1738, crea su segundo autómata llamado “*El Tamborilero*” como una versión mejorada del primero. En esta ocasión la figura tocaba la zampoña de

Provenza y el tamboril con veinte melodías distintas. El tercero y más famoso fue “*El pato con aparato digestivo*” transparente y compuesto por más de cuatrocientas partes móviles y que batía las alas, comía y realizaba completamente la digestión imitando al mínimo detalle el comportamiento natural del ave. [14]

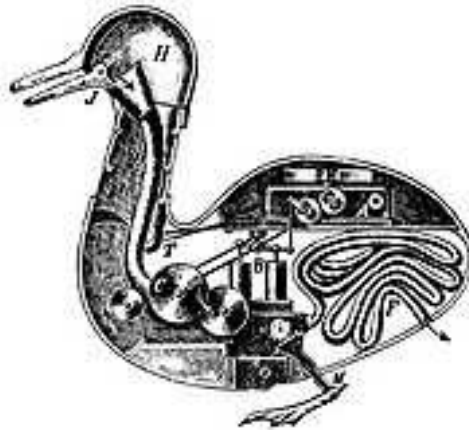


Ilustración 2.2.2: Pato con aparato digestivo de Vaucanson

Otro ejemplo relevante de la época fue el Gallo de Estrasburgo que funcionó desde 1352 hasta 1789. Este es el autómatas más antiguo que se conserva en la actualidad, formaba parte del reloj de la catedral de Estrasburgo y al dar las horas movía el pico y las alas. [17]

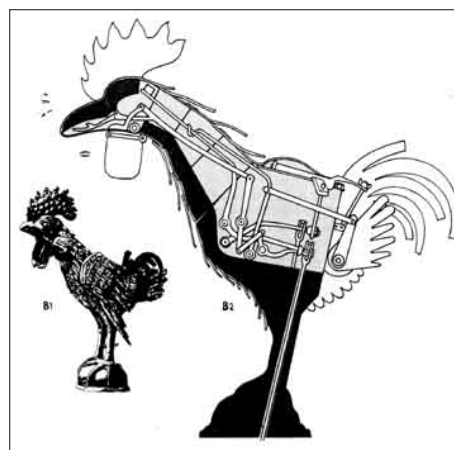


Ilustración 2.2.3: Gallo de Estrasburgo

Es conocido el León Mecánico construido por Leonardo Da Vinci (1452-1519) para el rey Luis XII de Francia, que se abría el pecho con su garra y mostraba el escudo de armas del rey. [17]



Ilustración 2.2.4: León mecánico de Leonardo Da Vinci

Wolfgang von Kempeler inventor de una de las primeras máquinas parlantes fue también creador de uno de los más famosos autómatas de la historia, “El Turco”, construido en 1769, estaba formado por una mesa donde estaba colocado un maniquí con forma humana vestido con ropajes árabes.

Una puerta en la parte frontal se abría y dejaba ver el supuesto mecanismo de funcionamiento del autómata. Este jugador fue una de las mayores atracciones de la época ya que, según contaban, era invencible. [14]

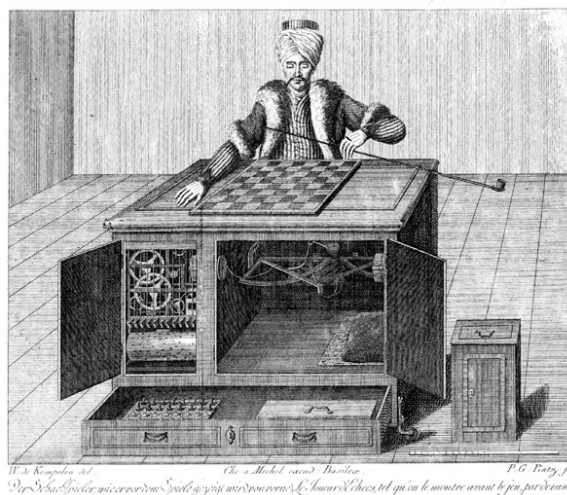


Ilustración 2.2.5: “El Turco” de Kempeler

Pierre Jaquet-Droz suizo nacido en 1721 es el responsable de los tres autómatas más complejos y famosos del siglo XVIII. Sus tres obras maestras (La Pianista, El Dibujante y El Escritor) causaron asombro en la época llegando a ser contemplados por reyes y emperadores tanto de Europa como de China, India o Japón. [14]



Ilustración 2.2.6: “La pianista” y “El dibujante” de Jaquet-Droz

En 1948, R. C. Goertz, del Argonne National Laboratory, desarrolló el primer manipulador. El objetivo era manipular elementos radioactivos sin riesgo para el operador. Consistía en un elemento mecánico maestro-esclavo. [18]

La primera licencia de un robot fue solicitada en 1954 por el inventor británico C.W. Kenward, esta patente fue omitida por el reino unido en 1957 con el numero 781465.

Sin embargo, el estadounidense George C. Devol había establecido las bases para fabricar el robot industrial moderno en 1954, esto fue patentado en 1961 con el numero 2988237.

En 1968 J.F Engelberger, director de ing. de la división aeroespacial de la empresa Mannig Maxwell y Moore en Stanford, Conneticut, firmo un acuerdo con Kawasaki para la construcción de robots tipo Unimate, Nissan fue quien ayudó a Japón a aventajar a los Estados Unidos en el crecimiento de la robótica. [18]

En 1960, se instaló el primer robot industrial en la factoría de General Motors.

En 1972 se formó la Asociación de Robótica Industrial de Japón (JIRA). [7]

En 1973, la firma Sueca ASEA Construyo el primer robot totalmente eléctrico, el robot IRb6, seguido un año más tarde por el IRb60. En 1980 se fundó la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo Suecia. [18]

En 1982 el profesor Makino de la Universidad Yamanashi de Japón, desarrolla en concepto de robot SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm), que busca un Robot con un número reducido de grados de libertad (3 o 4), un coste limitado y una configuración dedicada al ensamblado de piezas. [18]



Ilustración 2.2.7: Robot SCARA

En 1984 se fundó la RIA (Robotics Industries Association) de Estados Unidos.

En 1984 se crea la AFRI (Asociación Francesa de Robótica Industrial)

En 1985 se crea la AER (Asociación Española de Robótica). [7]

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS

Clasificación de los robots industriales

La maquinaria para la automatización rígida dio paso al robot con el desarrollo de controladores rápidos, basados en el microprocesador, así como un empleo de servos en bucle cerrado, que permiten establecer con exactitud la posición real de los elementos del robot y establecer el error con la posición deseada.

Esta evolución ha dado origen a una serie de tipos de robots, que se citan a continuación:

- Manipuladores
- Robots de repetición y aprendizaje
- Robots con control por computador
- Robots inteligentes
- Micro-robots

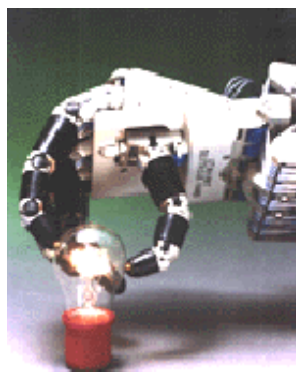


Ilustración 2.3.1: Mano robótica

Manipuladores

Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos, de los siguientes modos:

Manual: Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.

De secuencia fija: cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.

De secuencia variable: Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

Existen muchas operaciones básicas que pueden ser realizadas óptimamente mediante manipuladores, por lo que se debe considerar seriamente el empleo de estos dispositivos, cuando las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas. [19]

Robots de repetición o aprendizaje

Son manipuladores que se limitan a repetir una secuencia de movimientos, previamente ejecutada por un operador humano, haciendo uso de un controlador manual o un dispositivo auxiliar. En este tipo de robots, el operario en la fase de enseñanza, se vale de una pistola de programación con diversos pulsadores o teclas, o bien, de joysticks, o bien utiliza un maniquí, o a veces, desplaza directamente la mano del robot.

Los robots de aprendizaje son los más conocidos, hoy día, en los ambientes industriales y el tipo de programación que incorporan, recibe el nombre de "gestual".[19]



Ilustración 2.3.2: Mano de aprendizaje

Robots con control por computador

Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por un computador, que habitualmente suele ser un microordenador.

En este tipo de robots, el programador no necesita mover realmente el elemento de la maquina, cuando la prepara para realizar un trabajo. El control por computador dispone de un lenguaje específico, compuesto por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del computador, no el brazo. A esta programación se le denomina textual y se crea sin la intervención del manipulador.

Las grandes ventajas que ofrecen este tipo de robots, hacen que se vayan imponiendo en el mercado rápidamente, lo que exige la preparación urgente de personal cualificado, capaz de desarrollar programas similares a los de tipo informático. [19]

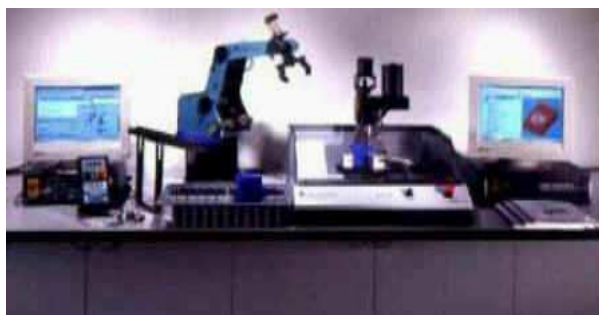


Ilustración 2.3.3: Robots con control por computador

Robots inteligentes

Son similares a los del grupo anterior, pero, además, son capaces de relacionarse con el mundo que les rodea a través de sensores y tomar decisiones en tiempo real (auto programable). De momento, son muy poco conocidos en el mercado y se encuentran en fase experimental, en la que se esfuerzan los grupos investigadores por potenciarles y hacerles más efectivos, al mismo tiempo que más asequibles.

La visión artificial, el sonido de máquina y la inteligencia artificial, son las ciencias que más están estudiando para su aplicación en robots inteligentes. [19]

Micro-robots

Con fines educativos, de entretenimiento o investigación, existen numerosos robots de formación o micro-robots a un precio muy asequible y, cuya estructura y funcionamiento son similares a los de aplicación industrial.

Por último y con el fin de dar una visión del posible futuro, se presentan en forma clasificada, buena parte de los diversos tipos de robots que se puedan encontrar hoy en día. Todos los robots presentados existen en la actualidad, aunque los casos más futuristas están en estado de desarrollo en los centros de investigación de robótica. [19]

	Clasificación de los robots según la AFRI
Tipo A	Manipulador con control manual o telemando.
Tipo B	Manipulador automático con ciclos preajustados; regulación mediante fines de carrera o topes; control por PLC; accionamiento neumático, eléctrico o hidráulico.
Tipo C	Robot programable con trayectoria continua o punto a punto. Carece de conocimiento sobre su entorno.
Tipo D	Robot capaz de adquirir datos de su entorno, readaptando su tarea en función de estos.

La IFR distingue entre cuatro tipos de robots:

1. Robot secuencial.
2. Robot de trayectoria controlable.
3. Robot adaptativo.
4. Robot tele manipulado.

	Clasificación de los robots industriales en generaciones
1ª Generación	Repite la tarea programada secuencialmente. No toma en cuenta las posibles alteraciones de su entorno.
2ª Generación	Adquiere información limitada de su entorno y actúa en consecuencia. Puede localizar, clasificar (visión) y detectar esfuerzos y adaptar sus movimientos en consecuencia.
3ª Generación	Su programación se realiza mediante el empleo de un lenguaje natural. Posee la capacidad para la planificación automática de sus tareas.

Clasificación de los robots según T. M. Knasel				
Generación	Nombre	Tipo de Control	Grado de movilidad	Usos más frecuentes
1 (1982)	<i>Pick & place</i>	Fines de carrera, aprendizaje	Ninguno	Manipulación, servicio de maquinas
2 (1984)	Servo	Servocontrol, trayectoria continua, progr. condicional	Desplazamiento por vía	Soldadura, pintura
3 (1989)	Ensamblado	Servos de precisión, visión, tacto,	Guiado por vía	Ensamblado, desbardado
4 (2000)	Móvil	Sensores inteligentes	Patas, ruedas	Construcción, mantenimiento
5 (2010)	Especiales	Controlados con técnicas de IA	Andante, saltarán	Militar, espacial

2.4 ROBOTICA EN LA ACTUALIDAD

2.4.1 Aplicaciones Industriales

La implantación de un robot industrial en un determinado proceso exige un detallado estudio previo del proceso en cuestión, examinando las ventajas e inconvenientes que conlleva la introducción del robot. Será preciso siempre estar dispuesto a admitir cambios en el desarrollo del proceso primitivo (modificaciones en el diseño de piezas, etc.) que faciliten y hagan viable la aplicación del robot. [20]

- Trabajos en fundición
- Soldadura
- Aplicación de materiales
- Aplicación de sellantes y adhesivos
- Alimentación de máquinas
- Procesado
- Corte
- Montaje
- Paletización
- Control de calidad
- Manipulación en salas blancas

En cuanto al tipo de robot a utilizar, habrá que considerar aspectos de diversa índole como espacio de trabajo, velocidad de carga, capacidad de control, coste, etc.

A continuación se analizan algunas de las aplicaciones industriales de los robots, ofreciendo una breve descripción del proceso, exponiendo el modo en el que el robot entra a formar parte del mismo. [20]

Trabajos en fundición

La fundición por inyección fue el primer proceso robotizado (1960). En este proceso el material usado, en estado líquido, es inyectado a presión en el molde. Este último está formado por dos mitades que se mantienen unidas durante la inyección del metal mediante la presión ejercida por dos cilindros. La pieza solidificada se extrae del molde y se enfría para su posterior desbarrado. El molde, una vez limpio de residuos de restos de metal y adecuadamente lubricado, puede ser usado de nuevo. [20]



Ilustración 2.4.1.1: Aplicaciones Industriales, trabajos en fundición

Soldadura

La industria automovilística ha sido la gran impulsora de la robótica industrial, empleando la mayor parte de los robots instalados hoy día. La tarea robotizada más frecuente dentro de la fabricación de automóviles ha sido, sin duda alguna, la soldadura de carrocerías. En este proceso, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes, denominándose a este tipo de soldadura por puntos. [20]



Ilustración 2.4.1.2: Aplicaciones Industriales, Soldadura

Aplicación de materiales

El acabado de superficies por recubrimiento de un cierto material (pintura, esmalte, partículas de metal, etc.) con fines decorativos o de protección, es una parte crítica en muchos procesos de fabricación.

Tanto en la pintura como en el metalizado, esmaltado o arenado, la problemática a resolver es similar, siendo la primera la que cuenta con mayor difusión. Su empleo está generalizado en la fabricación de automóviles, electrodomésticos, muebles, etc. [20]



Ilustración 2.4.1.3: Aplicaciones Industriales, Aplicación de materiales

Aplicación de adhesivos y sellantes

Los robots son frecuentemente utilizados para la aplicación de cordones de material sellante o adhesivos en la industria del automóvil sellante de ventanas y parabrisas, material anticorrosión en los bajos del coche, etc.).

En este proceso el material a aplicar se encuentra en forma líquida o pastosa en un tanque, siendo bombeada hasta la pistola de aplicación que porta el robot, que regula el caudal de material que es proyectado.

El robot, siguiendo la trayectoria programada, proyecta la sustancia que se solidifica al contacto con el aire. En este proceso, tan importante como el control preciso de la trayectoria del robot es el control sincronizado de su velocidad y del caudal de material suministrado por la pistola, puesto que la cantidad de material proyectado en un punto de la pieza depende de ambos factores. [20]

Alimentación de máquinas

La alimentación de máquinas especializadas es otra tarea de manipulación de posible robotización. La peligrosidad y monotonía de las operaciones de carga y descarga de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir una pieza a través de diferentes máquinas de procesado, ha conseguido que gran número de empresas hayan introducido robots en sus talleres. [20]



Ilustración 2.4.1.4: Aplicaciones Industriales, Alimentación de máquinas

Procesado

Dentro del procesado se incluyen operaciones en las que el robot se enfrenta a piezas y herramientas (transportando una u otra) para conseguir, en general, una modificación en la forma de la pieza. [20]



Ilustración 2.4.1.5: Aplicaciones Industriales, Procesado

Corte

El corte de materiales mediante el robot es una aplicación reciente que cuenta con notable interés. La capacidad de reprogramación del robot y su integración en un sistema, hacen que aquél sea el elemento ideal para transportar la herramienta de corte sobre la pieza, realizando con precisión un programa de corte definido previamente desde un sistema de diseño asistido por computador (CAD).

Los métodos de corte no mecánico más empleados son oxicorte, plasma, láser y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar. En todos ellos el robot transporta la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando éste sobre la pieza al tiempo que sigue una trayectoria determinada.

Las piezas a cortar pueden disponerse en varias capas, unas encima de otras, realizándose el corte simultáneo de todas ellas (método de corte de patrones en la industria textil). [20]



Ilustración 2.4.1.6: Aplicaciones Industriales, Corte

Montaje

Las operaciones de montaje, por la gran precisión y habilidad que normalmente exigen, presentan grandes dificultades para su automatización flexible. Sin embargo, el hecho de que estas operaciones representen una buena parte de los costes totales del producto, ha propiciado las investigaciones y desarrollos en esta área, consiguiéndose importantes avances. [20]

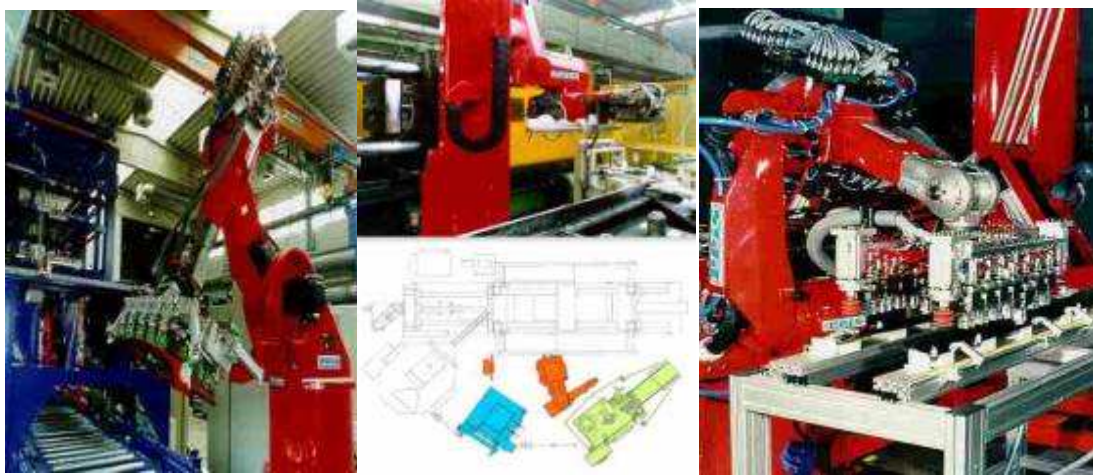


Ilustración 2.4.1.7: Aplicaciones Industriales, Montaje

Paletización

La paletización es un proceso básicamente de manipulación, consistente en disponer piezas sobre una plataforma o bandeja (palet). Las piezas en un palet ocupan normalmente posiciones predeterminadas, procurando asegurar la estabilidad, facilitar su manipulación y optimizar su extensión. Los palets son transportados por diferentes sistemas (cintas transportadoras, carretillas, etc.) llevando su carga de piezas, bien a lo largo del proceso de fabricación, bien hasta el almacén o punto de expedición. [20]



Ilustración 2.4.1.8: Aplicaciones Industriales, Paletización

Control de calidad

La tendencia a conseguir una completa automatización de la producción abarca todas las etapas de ésta, inclusive el control de la calidad. El robot industrial puede participar en esta tarea usando su capacidad de posicionamiento y manipulación. Así, transportando en su extremo un palpador, puede realizar el control dimensional de piezas ya fabricadas. Para ello el robot toca con el palpador varios puntos claves de la pieza. [20]

Manipulación en salas blancas

Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y controlados. En ellos, la actividad del operador se ve dificultada no por el trabajo en sí, que no tiene por qué ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas mediante el uso de trajes especiales y controles rigurosos.

Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores o las de fabricación de algunos productos farmacéuticos, son ejemplos típicos. [20]



Ilustración 2.4.1.9: Aplicaciones Industriales, Manipulación en salas blancas

2.4.2 Nuevos sectores de aplicación

Las aplicaciones de la robótica examinadas anteriormente responden a los sectores que, como el del automóvil o el de la manufactura, han sido desde hace 30 años usuarios habituales de los robots industriales. Este uso extensivo de los robots en los citados se ha visto propiciado por la buena adaptación del robot industrial a las tareas repetitivas en entornos estructurados.

De este modo, la competitividad del robot frente a otras soluciones de automatización se justifica por su rápida adaptación a series cortas, sus buenas características de precisión y rapidez, y por su posible reutilización con costes inferiores a los de otros sistemas. Sin embargo, existen otros sectores donde no es preciso conseguir elevada productividad, en los que las tareas a realizar no son repetitivas, y no existe un conocimiento detallado del entorno.

Entre estos sectores podría citarse la industria nuclear, la construcción, la medicina o el uso doméstico. En ninguno de ellos existe la posibilidad de sistematizar y clasificar las posibles aplicaciones, pues éstas responden a soluciones aisladas a problemas concretos.

Este tipo de robots ha venido a llamarse robots de servicio y están siendo aplicados en sectores como:

- Agricultura y silvicultura
- Ayuda a discapacitados
- Construcción
- Domésticos
- Entornos peligrosos
- Espacio
- Medicina y salud
- Minería
- Entornos submarinos
- Vigilancia y seguridad
- Telepresencia

En general, la aplicación de la robótica a estos sectores se caracteriza por la falta de estructuración tanto del entorno como de la tarea a realizar, y la menor importancia de criterios de rentabilidad económica frente a la de realizar tareas en entornos peligrosos o en los que no es posible el acceso de las personas.

Estas características obligan a que los robots de servicio cuenten con un mayor grado de inteligencia, puesto que se traduce en el empleo de sensores y del software adecuado para la toma rápida de decisiones. Centros de investigación en robótica, como la universidad de Carnegie-Mellon o el Jet Propulsión Laboratory (JPL) en Estados Unidos, han orientado desde hace tiempo buena parte de sus esfuerzos de investigación en robótica en esta línea, desarrollando robots especializados, capacitados para trabajar en el exterior, en entornos no estructurados y peligrosos (superficie de planetas, volcanes, desastres nucleares, etc.). [1]

Agricultura y ganadería

Para muchos la idea de tener un robot agricultor es ciencia ficción, pero la realidad es muy diferente; o al menos así parece ser para el Instituto de Investigación Australiano, el cual ha invertido una gran cantidad de dinero y tiempo en el desarrollo de este tipo de robots. Entre sus proyectos se encuentra una máquina que esquila a ovejas. La trayectoria del cortador sobre el cuerpo de las ovejas se planea con un modelo geométrico de la oveja. [1]

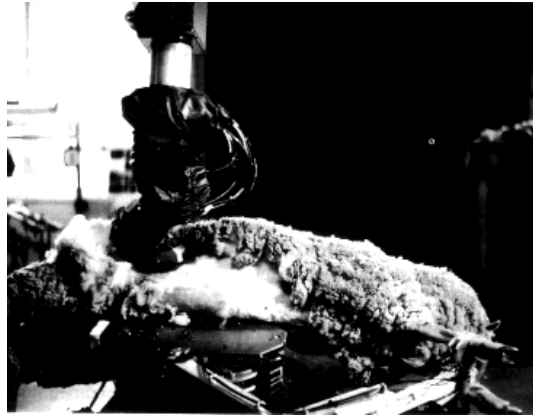


Ilustración 2.4.2.1: Robot esquilador

Espacio

La exploración espacial posee problemas especiales para el uso de robots. El medio ambiente es hostil para el ser humano, quien requiere un equipo de protección muy costoso tanto en la Tierra como en el Espacio.

Muchos científicos han hecho la sugerencia de que es necesario el uso de Robots para continuar con los avances en la exploración espacial; pero como todavía no se llega a un grado de automatización tan precisa para ésta aplicación, el ser humano aún no ha podido ser reemplazado por estos. Por su parte, son los tele-operadores los que han encontrado aplicación en los transbordadores espaciales.

En Marzo de 1982 el trasbordador Columbia fue el primero en utilizar un tele-operador con un brazo robótico, aunque el ser humano participa en la realización del control de lazo cerrado. [1]



Ilustración 2.4.2.2: Brazo robótico espacial

En la actualidad se ha vuelto a dar un impulso al sector de los robots espaciales con el creciente interés por estudiar la superficie de Marte. Como consecuencia se han creado robots como la Mars Lander y el Mars Rover.



Ilustración 2.4.2.3: Robot espacial Mars Lander y Mars Rover

Vehículos submarinos

Dos eventos durante el verano de 1985 provocaron el incremento por el interés de los vehículos submarinos. En el primero, un avión de la Air Indian se estrelló en el Océano Atlántico cerca de las costas de Irlanda donde un vehículo submarino guiado remotamente, normalmente utilizado para el tendido de cable, fue utilizado para encontrar y recobrar la caja negra del avión.

El segundo fue el descubrimiento del Titanic en el fondo de un cañón, donde había permanecido después del choque con un iceberg en 1912, cuatro kilómetros abajo de la superficie. Un vehículo submarino fue utilizado para encontrar, explorar y filmar el hallazgo. [1]



Ilustración 2.4.2.4: Robot submarino

Nuclear

Por sus especiales características, el sector nuclear es uno de los más susceptibles de utilizar robots de diseño específico. Entre las diversas aplicaciones se han escogido aquí, por su especial relevancia, las relativas a las operaciones de mantenimiento en zonas contaminadas y de manipulación de residuos.

Las operaciones de inspección y mantenimiento de las zonas más contaminadas de una central nuclear de producción de energía eléctrica son por su naturaleza larga y costosa.

De realizarlas manualmente, el tiempo de exposición de los operadores a la radiación es un factor crítico que, junto con el elevado coste que supone una interrupción temporal del funcionamiento del sistema en cuestión, justifica sin lugar a dudas la utilización de sistemas robotizados, normalmente tele-operados, total o parcialmente, que sustituyan al operador. [1]



Ilustración 2.4.2.5: Robot para almacenamiento de residuos radioactivos

Medicina

De entre las varias aplicaciones de la robótica a la medicina destaca la cirugía. Las primeras aplicaciones de la robótica a la cirugía del cerebro datan del año 1982. En esta fecha se comenzó en Memorial Medical Center de Long Beach (California) un programa cuyo objetivo consistía en utilizar un robot comercial (Puma 260) para realizar determinadas operaciones de neurocirugía.

Desde entonces se han puesto a punto varios sistemas que, con ayuda de un scanner, un ordenador registre toda la información necesaria del cerebro para que el equipo médico decida el punto exacto donde debe ser realizada la incisión, donde penetrara la sonda para obtener una muestra para realizar una biopsia. [1]



Ilustración 2.4.2.6: Unidad de cirugía robotizada

2.5 EUROBOT

Eurobot es una competición internacional de robots autónomos que engloba unas pruebas clasificatorias nacionales celebradas en cada país y una competición final internacional. Todas estas competiciones tienen las mismas normativas.

Eurobot está enfocado a la participación de centros de estudios o asociaciones de jóvenes que realicen su propio proyecto y pretende ser un punto de encuentro para intercambiar conocimientos científicos, tecnológicos y experiencias personales.



Ilustración 2.5: Logotipo de Eurobot

Eurobot fue creado por la asociación de promoción de la ciencia y la tecnología Planète Sciences, la productora televisiva VM Group y la ciudad donde se organizó la primera edición La Ferté Bernard.

Actualmente existe un comité internacional formado por varios órganos de gobierno y gestión encargados del desarrollo de la competición en el futuro. [21]

Los objetivos de la competición son los de fomentar el desarrollo de la robótica, difundiendo el conocimiento científico a todo el público mediante un evento animado, favoreciendo el trabajo en equipo y fomentando los encuentros multiculturales.

Eurobot presenta cada año una prueba diferente para crear nuevos desafíos.

2.5.1 Ediciones anteriores

A continuación realizaremos un recorrido por las ediciones anteriores y en que consistieron los desafíos propuestos.

• 1998. Fútbol

La competición era similar a un partido de fútbol jugado con más de una pelota. Sobre un terreno de juego totalmente plano en el que estaban distribuidas ocho pelotas de tenis, dos robots enfrentados tenían que marcar al rival el máximo número de tantos posibles. Se presentaron nueve equipos de cinco países diferentes.

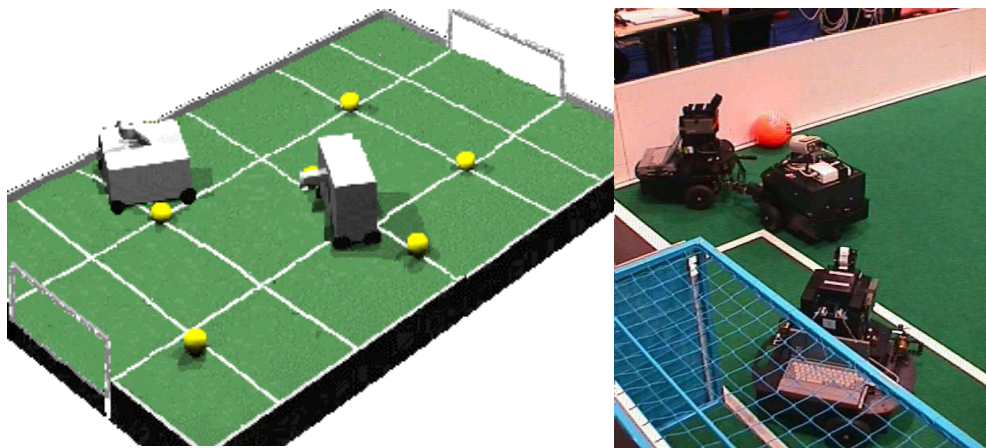


Ilustración 2.5.1. Eurobot 1998. Fútbol

- **1999. Ataque al castillo**

El campo se dividió en dos partes separadas por un barranco y unidas mediante dos puentes. En cada lado del campo se alzaba un castillo construido a base de cilindros de madera apilados de modo que formasen torres. El objetivo del juego era derribar el castillo del contrario ya fuese por contacto directo o mediante el uso de pelotas de tenis que se encontraban repartidas por el terreno de juego. Se presentaron ocho equipos de cinco países diferentes.

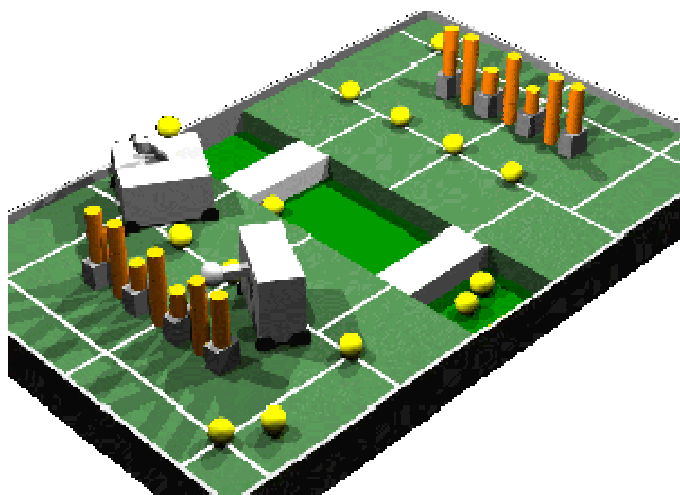


Ilustración 2.5.2. Eurobot 1999. Ataque al castillo

- **2000. Parque de atracciones**

Para la edición de ese año se diseñó un terreno de juego de superficie montañosa. Sobre él se dispusieron diez globos, cinco azules y cinco amarillos, y se dividió el campo en dos partes. Cada equipo debía reventar los globos del equipo contrario, estando prohibido el uso de proyectiles. Además la limitación impuesta al tamaño máximo de los robots les impedía reventarlos de lejos. Se presentaron doce equipos de siete países diferentes.



Ilustración 2.5.3. Eurobot 2000. Parque de atracciones

- **2001. Odisea en el espacio**

En esta edición se dispuso un terreno de juego totalmente plano que representaba el espacio y sobre él se colocaron una serie de cilindros a modo de planetas. Los robots debían conquistar más planetas que el contrario depositando banderas de su color sobre los cilindros y de esta manera reclamándolos para su equipo. Se presentaron diecinueve equipos de doce países diferentes.

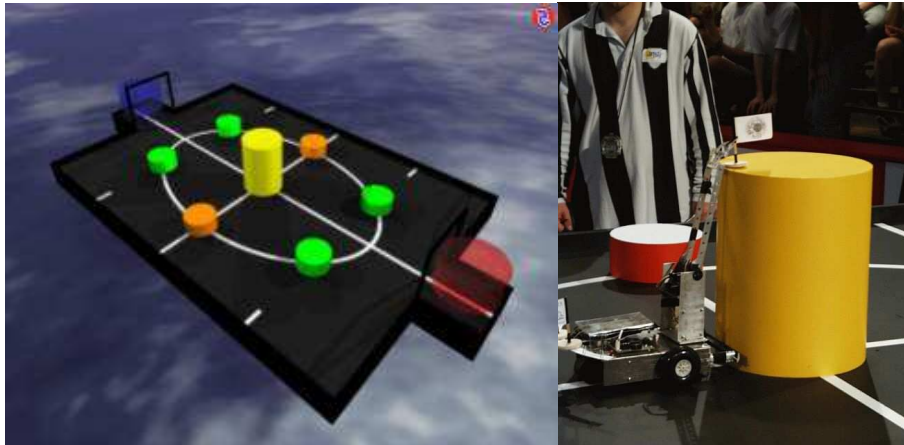


Ilustración 2.5.4. Eurobot 2001. Odisea en el espacio

- **2002. Billar aéreo**

Se dispuso un terreno de juego rectangular totalmente plano dotado de unos agujeros a modo de troneras de billar en cada esquina. Sobre el tablero se colocaban al azar ocho bolas rojas y cuatro negras siguiendo una simetría central. Cada robot comenzaba el partido en un extremo del terreno de juego y tenía que introducir las bolas negras en las troneras de su lado y las rojas en las del lado opuesto. Se presentaron veintisiete equipos de diecisiete países distintos.

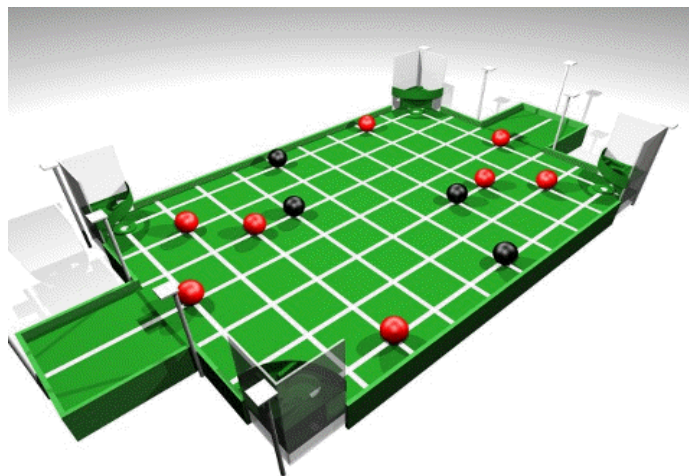


Ilustración 2.5.5. Eurobot 2002. Billar aéreo

- **2003. Cara o cruz**

Sobre un terreno de juego rectangular se colocaron una serie de discos de dos tipos diferentes: de doble color y de color único. Los discos de doble color tenían una cara verde y la otra roja, y los de color único, podían ser verdes o rojos. A cada equipo se le asignaba un color, y al final del partido ganaba el robot que hubiera puesto cara arriba el mayor número de discos de su color. Se presentaron treinta y dos equipos de diecinueve países distintos.

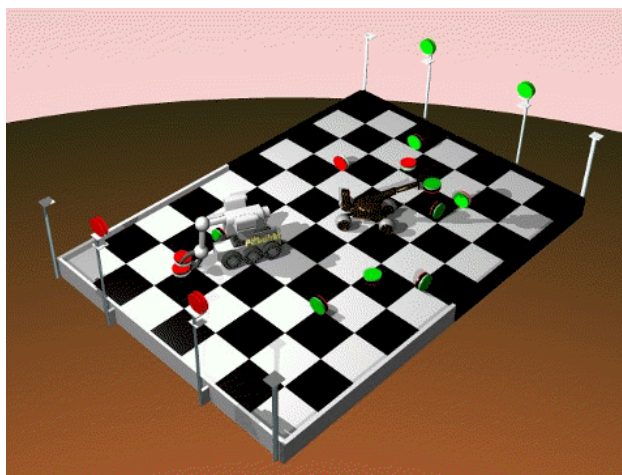


Ilustración 2.5.6. Eurobot 2003. Cara o Cruz

- **2004. Rugby de cocos**

El terreno de juego diseñado para ese año era bastante peculiar, se trataba de un campo rectangular en el que se encontraban situadas una serie de palmeras cargadas de cocos, además se colocaron dos porterías elevadas y una zona de ensayo en la superficie del terreno. El objetivo de la prueba de ese año era recoger cocos que estaban distribuidos de manera aleatoria por el terreno de juego, tanto por el suelo como colgados de las palmeras, y marcar puntos lanzándolos a portería o colocándolos en la zona de ensayo del lado del rival. Se presentaron cuarenta y un equipos de veintiún países distintos.

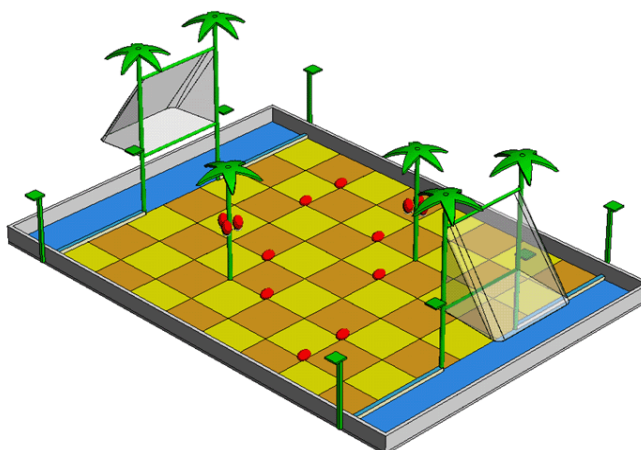


Ilustración 2.5.7. Eurobot 2004. Rugby de cocos

- **2005. Juego de bolos**

Al igual que en la prueba de 1999 se dividió el terreno de juego en dos partes, separadas esta vez por un río, que se comunicaban entre sí por dos puentes de colocación aleatoria. En el centro del río existían dos carriles que permitían derribar los bolos del otro lado empujando una pelota. El objetivo de la prueba era derribar los bolos del contrario y proteger los propios. Se presentaron cincuenta equipos de veintidós países diferentes.

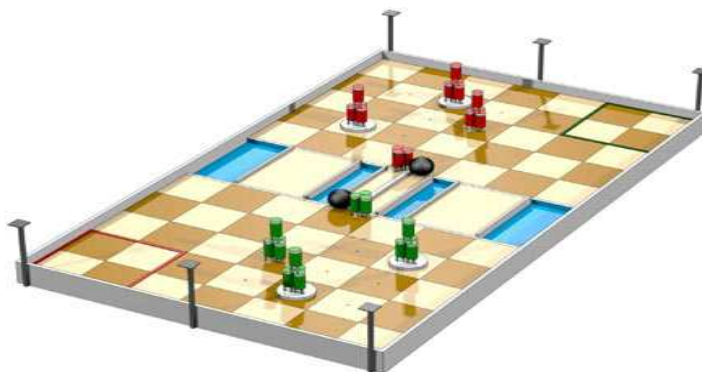


Ilustración 2.5.8. Eurobot 2005. Juego de bolos

- **2006. Funny Golf**

Se diseñó un terreno de juego con una serie de hoyos rodeados por un anillo de color, rojo o azul, con capacidad para almacenar una pelota cada uno. Las pelotas se podían encontrar de dos formas, distribuidas al azar por la superficie del tablero o almacenadas en unos dispensadores situados en cada esquina del tablero que se activaban al manipular los tótems situados sobre el campo. Los robots puntuaban al introducir pelotas blancas en los hoyos de su color. Existían también pelotas negras que no tenían ningún valor. Se presentaron cincuenta y cinco equipos de veintitrés países.

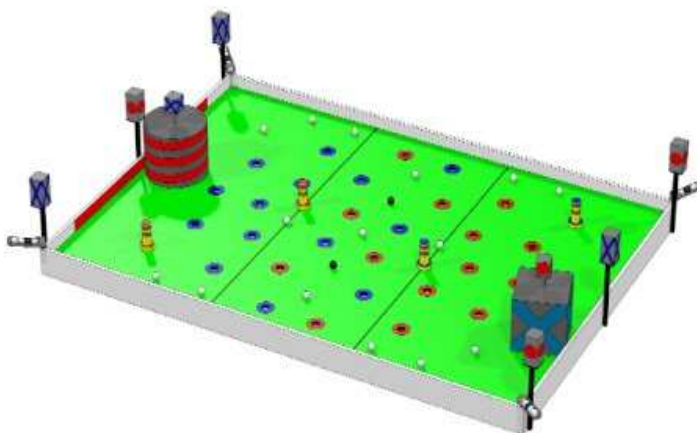


Ilustración 2.5.9. Eurobot 2006. Funny Golf

- **2007. Rally de reciclado**

Sobre un terreno de juego lleno de botellas de plástico, latas de refresco y pilas, los robots debían competir por llevar la basura recogida a sus contenedores de reciclaje adecuados. El terreno de juego estaba equipado con cuatro porterías, dos por equipo, y una cesta común que tenía una colocación aleatoria. La cesta servía para el reciclaje de las pilas, y las porterías para el de latas y botellas. Se presentaron cincuenta y siete equipos de veintisiete países.

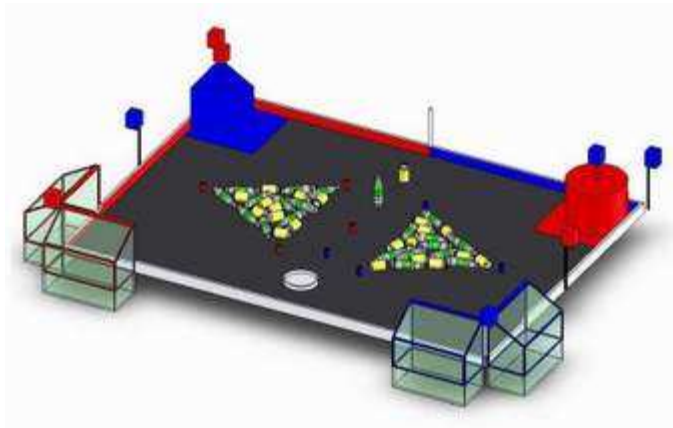


Ilustración 2.5.10. Eurobot 2007. Rally de reciclado



CAPÍTULO 3:

PROBLEMA Y SOLUCIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un microrobot para la edición de 2008 de la competición Eurobot. En esta edición el desafío propuesto se denomina “Misión a Marte”, los robots deberán buscar pruebas de vida en el planeta Marte, las muestras de roca que contienen organismos vivos están representadas por rocas rojas y azules. Para mantenerlas muestras en buen estado deben mantenerse a la misma temperatura que fueron encontradas existiendo dos tipos de contenedores dos contenedores refrigerados y un contenedor estándar dónde las muestras necesitan ser empaquetadas con hielo que se representa con bolas blancas.

Solo se permite un robot por equipo en cada partido, cada partido tiene una duración de 90 segundos, transcurrido este tiempo los dos robots deben dejar de moverse. A cada equipo se le asigna un color, rojo o azul y tiene una zona de salida pintada de su color localizada en las equinas traseras de la mesa. Las zonas donde los robots pueden recolectar las muestras y el hielo están representadas por dispensadores de bolas verticales y horizontales.

Existen dos zonas de salida en los extremos del campo una para cada equipo, los robots parten de esta zona, deben comenzar a recoger las muestras del campo repartidas en cuatro dispensadores verticales, uno horizontal y varias repartidas en medio del campo, y depositarlas en los contenedores correspondientes.

3.1.1 Definición de los Elementos del juego

Área de juego

El campo de juego tiene forma rectangular con las siguientes medidas: 2100mm de ancho y 3000mm de largo, más las áreas exteriores de los contenedores refrigerados y el contenedor estándar y está pintado de color gris amarillento.

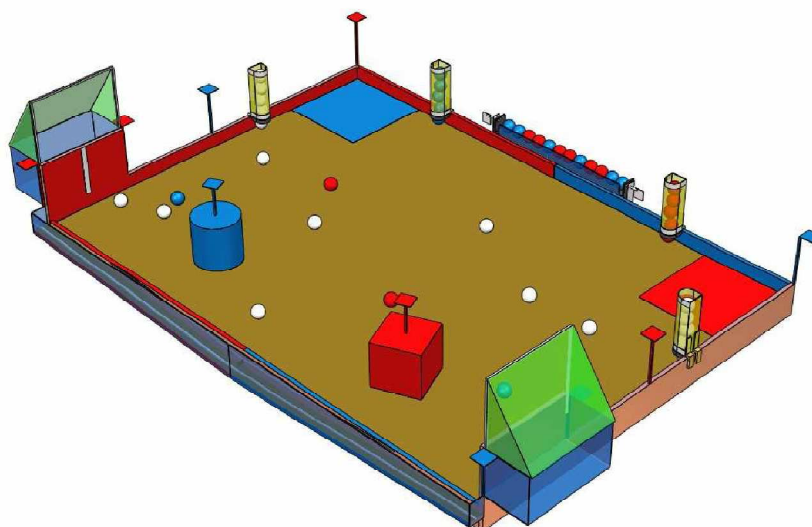


Ilustración 3.1.1.1: Campo de juego

Zonas de salida

Las zonas de salida están en las esquinas traseras del tablero. Cada zona de salida es un cuadrado de 500mm de lado pintado del color de cada equipo respectivamente (rojo o azul).

Al principio de cada partido, los robots deben ser colocados en estas zonas y tocando ambos bordes del tablero. [6]

Soportes para balizas

En cada una de las esquinas traseras del tablero están instalados soportes para balizas. Otros dos están en el medio de cada uno de los lados cortos. Dos soportes para balizas están situados a cada uno de los lados de los contenedores refrigerados. Los mástiles de los soportes están pintados de negro.

A cada equipo le está permitido usar cuatro soportes para balizas, localizados:

- En el medio del lado corto de su zona de salida,
- En la esquina trasera del lado opuesto a su zona de salida,
- A cada uno de los lados del contenedor refrigerado que está en el lado opuesto a su zona de salida.

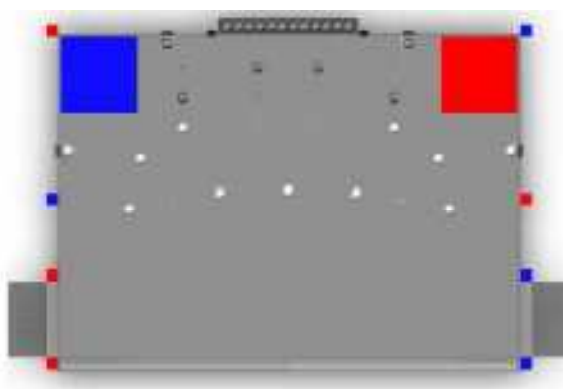


Ilustración 3.1.1.2: Distribución de los soportes para las balizas en el campo de juego

Los soportes para balizas son plataformas cuadradas de 80 mm de lado situadas a 350 mm sobre el nivel del tablero. La plataforma está cubierta de Velcro (cara rugosa). [6]

Muestras y hielo

Estos elementos de juego, son bolas de floorball (unihockey). Estas bolas vienen en tres colores: rojas para el equipo rojo, azules para el equipo azul, y blancas para los dos equipos. El diámetro de la bola es de 72 mm y posee una superficie agujereada.



Ilustración 3.1.1.3: Muestras y hielo

Al principio del partido, las 45 bolas están distribuidas sobre la mesa y en los dispensadores de bolas como sigue a continuación:

- 13 bolas sobre la mesa: 9 blancas, 2 azules y 2 rojas.
- 20 bolas en los dispensadores verticales:
 - 5 blancas en el dispensador localizado en el lado corto de la mesa cerca de la zona de salida roja.
 - 5 blancas en el dispensador localizado en el lado corto de la mesa cerca de la zona de salida azul.
 - 5 azules en el dispensador localizado en la parte trasera de la mesa cerca del área de salida azul.
 - 5 rojas en el dispensador localizado en la parte trasera de la mesa cerca del área de salida roja.
- 12 bolas en el dispensador horizontal: 6 azules y 6 rojas.

Zonas de prospección

Hay dos tipos de zonas de prospección:

- *Dispensador vertical*

Los dispensadores verticales están diseñados de tal manera que cuando una bola es extraída de su parte inferior, la siguiente bola (si hay) se moverá y ocupará su lugar. Sólo una bola puede cogerse cada vez.

Su diseño es un semi-cilindro cuya cara trasera está hecha de una chapa de plexiglás de 5 mm de grosor, y la cara delantera está hecha con una lámina curvada de plástico transparente. La chapa trasera tiene 300 mm de alto y 85 mm de ancho. La lámina curvada de plástico tiene 300 mm de alto y 225 mm de ancho.

En la parte alta y la parte baja de los dispensadores verticales hay unas cintas adhesivas reflectantes pegadas, como se puede ver en la siguiente ilustración:

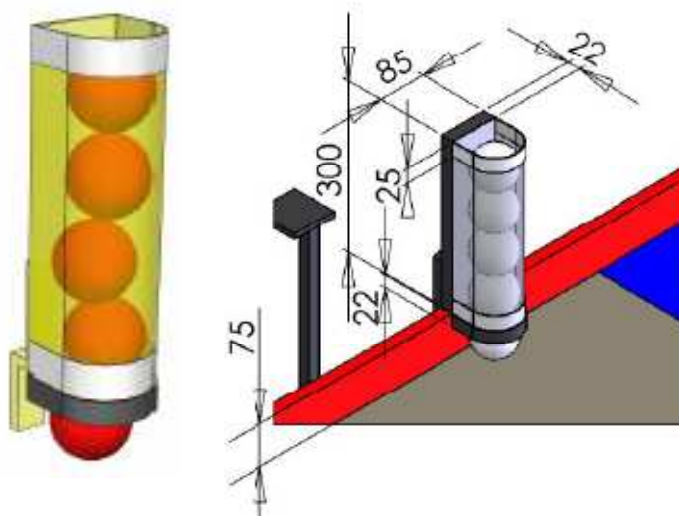


Ilustración 3.1.1.4: Dispensador vertical

El borde inferior de la lámina curvada lleva un cepillo suave, como los que se ponen en la parte baja de las puertas (ver foto a continuación), para sujetar en su sitio la bola a recoger. El cepillo tiene entre 20 y 22 mm de alto. [6]



Ilustración 3.1.1.5: Cepillo de la base del dispensador vertical

- *Dispensador horizontal*

El dispensador horizontal está situado en el medio del borde trasero, a media distancia entre las zonas de salida. La apertura de este dispensador se activa pulsando uno de los botones situados en cada uno de sus extremos. Estos botones de activación son unas chapas cuadradas de 60x60 mm, las cuales deben presionarse al menos 1 cm (10 mm) para garantizar la activación. Si hay activación, la puerta delantera se abre hacia abajo liberando todas las bolas contenidas en el dispensador, las cuales rodarán hacia la mesa. [6]

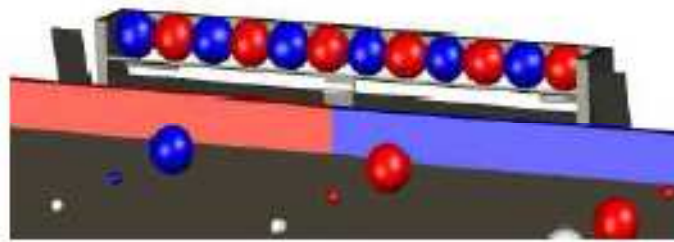


Ilustración 3.1.1.6: Dispensador horizontal

Distribución de muestras y hielo sobre el área de juego

Hay 20 posiciones de colocación de muestras de roca/tierra y hielo sobre el tablero, como se indica en el diagrama: 4 posiciones preestablecidas y 16 posiciones aleatorias. [6]

Las posiciones preestablecidas están indicadas con cruces negras, con el color de la bola que estará colocada ahí. Las otras posiciones son aleatorias.

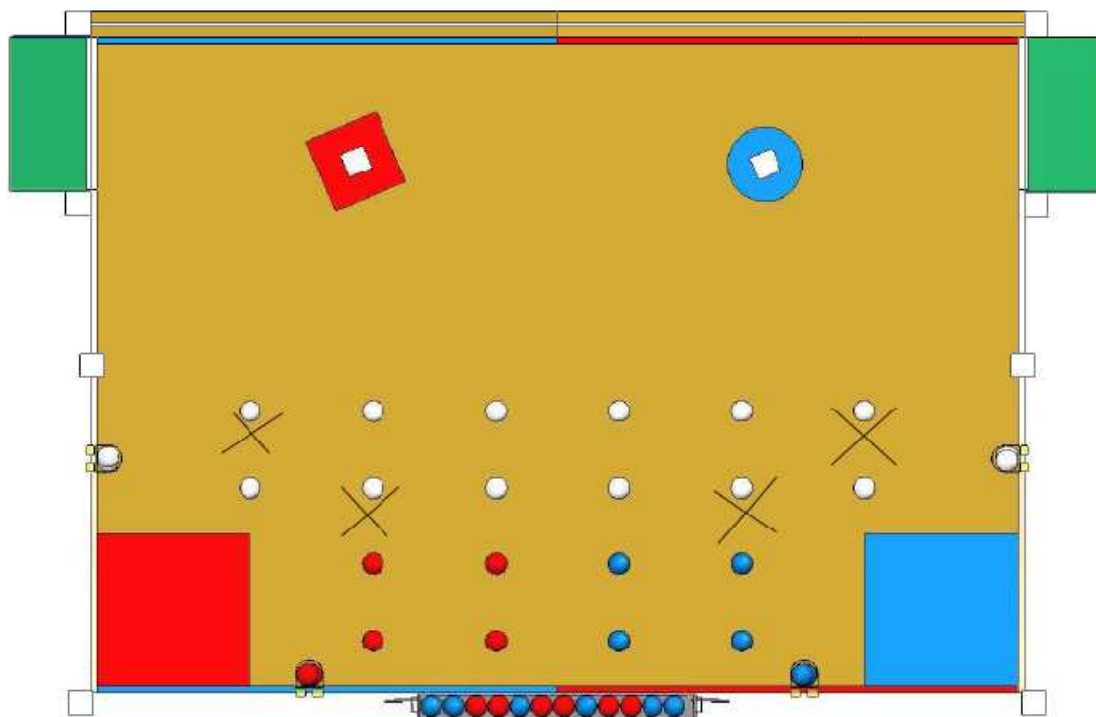


Ilustración 3.1.1.7: Distribución de Muestras y Hielo en el Área de Juego

Antes del partido, una carta sorteada aleatoriamente será usada por los árbitros para determinar los colores de las bolas que se colocarán en estas posiciones aleatorias.[6]

Contenedores

- *Contenedor estándar*

Este contenedor figura como un canalón en cuesta situado fuera de la zona donde se desenvuelven los robots, a lo largo de la cara frontal del tablero, de cara a la audiencia. Está compuesto por dos pendientes.

En las esquinas del tablero, la parte inferior del contenedor estándar está al nivel de la superficie del tablero, descendiendo desde ahí. En el punto de unión de ambas pendientes, a mitad de camino entre los extremos, la parte inferior está 80 mm por debajo del nivel del tablero. Las cuestas están pintadas de gris amarillento, como el resto del tablero. Hay cinta deslizante (tipo TEFLÓN) pegada en cada cara por donde las bolas ruedan, para facilitar el deslizamiento y evitar atascos. [6]

Una pequeña pieza rectangular de plástico semi-rígido, que mide 40 x 30 mm, está enganchada verticalmente en el borde interior, en la unión de las dos pendientes. La pieza es transparente. Separa las partes roja y azul. Esta pieza evita que las bolas rueden hacia abajo por la pendiente, impidiendo así que entren por sí mismas en el otro campo, pero al ser flexibles, las deja pasar al otro lado cuando es empujada por un robot.

Esta pieza de plástico delimita las dos áreas (roja y azul) y en qué área están las bolas. La parte exterior del contenedor estándar está cerrada por una chapa de plexiglás, para que la audiencia pueda ver las muestras y el hielo recolectados. La parte superior de esta chapa de plexiglás está a 80 mm sobre el nivel del tablero a lo largo de todo el contenedor. [6]

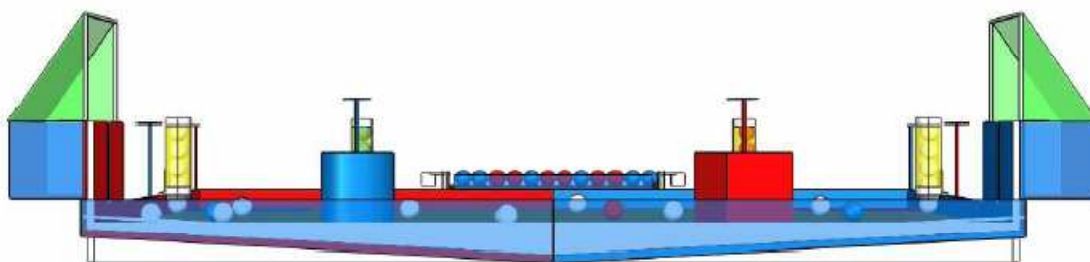


Ilustración 3.1.1.8: Contenedor estándar

- *Contenedor refrigerado*

Los contenedores refrigerados están situados en los extremos delanteros de los lados más cortos del tablero. Están representados por cestas cuya apertura es desde 350 mm a 700 mm en altura desde el nivel del tablero.

La parte trasera, el receptáculo, tiene 500 mm de largo, 250 mm de ancho y 180 mm de alto. La parte verde en el dibujo que hay a continuación está hecha de red tensada. [6]

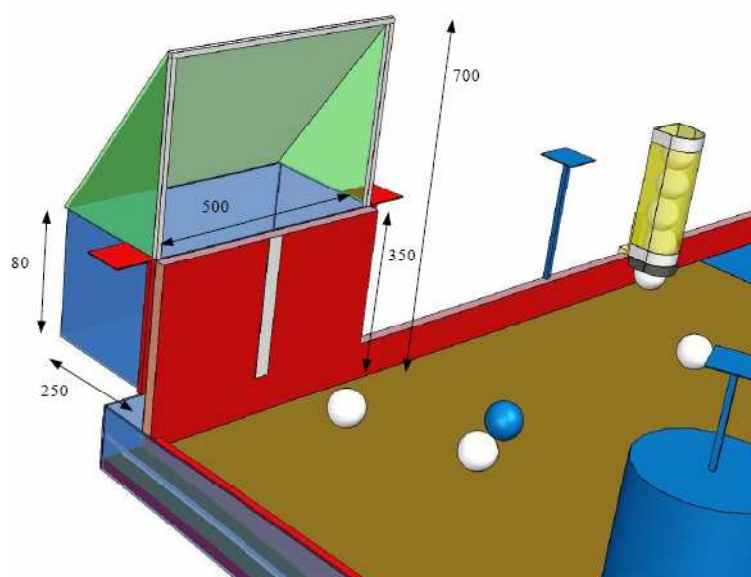


Ilustración 3.1.1.9: Contenedor refrigerado

Una cinta adhesiva reflectante vertical está colocada en el punto medio del ancho de la apertura de la cesta, extendiéndose desde 75 mm sobre el nivel del tablero hasta la apertura. Cada equipo tiene su propio contenedor refrigerado (localizado opuesto a las zonas de salida) reservado sólo para las muestras de roca y tierra correctas. Cualquier otro material implica la reducción de la puntuación. [6]

Robots

Sólo está permitido un robot por equipo para participar en un partido.

El robot debe ser una máquina totalmente autónoma, transportando su propia fuente de energía, actuadores y sistemas de control. Durante los partidos no se permite ningún tipo de control remoto.

El perímetro del robot en su configuración inicial no puede superar los 1200 mm, pero una vez empezado el partido está permitido desplegar partes hasta un perímetro máximo de 1400 mm. La altura máxima del robot no puede superar en ningún caso los 350 mm.

Otros aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar el robot son:

- Se permite a los robots transportar 5 bolas como máximo, subidas a bordo o controladas por los aparatos del robot o elementos estructurales.
- El robot deberá disponer de un cordón de arranque, dispositivo de arranque de al menos 500 mm de longitud que debe estar fácilmente accesible en el robot.

- El robot debe incluir un botón de parada de emergencia de al menos 20 mm de diámetro pintado de rojo. Éste debe ir situado en la parte superior del robot, en un lugar claramente visible y en una zona en la que no sea peligroso su accionamiento y que sea directamente accesible por los árbitros en cualquier momento durante el encuentro.
- Cada robot debe incorporar un sistema que pare al robot automáticamente al final de los 90 segundos que dura el encuentro.
- Se requiere que los equipos participantes equipen a sus robots con sistemas para evitar obstáculos. Se pretende con este sistema evitar colisiones y daños entre robots durante los encuentros.
- El sistema de control debe permitir que el robot juegue un encuentro en representación de cualquier color.

3.1.2 Desarrollo del partido

El juego se desarrolla siguiendo el siguiente proceso:

- Se asigna un color (rojo o azul) y, por lo tanto, un lado del campo de juego, a cada equipo antes de cada partido.
- Sólo dos personas del equipo pueden acceder a la zona de juego para la preparación del robot.
- Ambos equipos tienen 3 minutos para poner sus robots en las zonas de salida, prepararlo y colocar las balizas.
- Los robots se colocan en el tablero, completamente dentro de sus zonas de salida, y tocando los dos bordes del tablero adyacentes a la zona de salida.
- Cuando ambos equipos y los árbitros indican que están preparados, un árbitro determinará las posiciones aleatorias para las bolas sobre la mesa. Esto se lleva a cabo sacando una de las cartas de un montón aleatoriamente. Cada carta indica una manera diferente de colocar los elementos. El árbitro pregunta a los participantes si tienen alguna puntualización respecto a la colocación de todos los elementos de juego.
- Cuando el árbitro da la señal de salida el robot es activado por uno de los miembros del equipo. El robot deberá entonces actuar por su cuenta de manera totalmente autónoma.

Los robots tienen 90 segundos para conseguir el mayor número posible de puntos. Esto debe ser llevado a cabo de manera totalmente autónoma.

Al final del partido los robots deben detenerse (detener cualquier tipo de actuación) ellos mismos. Los árbitros contarán los puntos sin tocar los robots. Entonces anunciarán la puntuación. [6]

Puntuación

Una vez finalizado el partido se procede a contar la puntuación siguiendo la siguiente ponderación de puntos:

Por recolectar hielo dentro de la parte correcta del contenedor estándar:

- 1 bola de hielo en la parte roja del contenedor estándar = 1 punto para el robot rojo.
- 1 bola de hielo en la parte azul del contenedor estándar = 1 punto para el robot azul.

Por recolectar el tipo correcto de muestras de roca y tierra:

- 1 muestra roja en cualquier parte del contenedor estándar = 2 puntos para el robot rojo.
- 1 muestra roja en el contenedor refrigerado rojo = 2 puntos para el robot rojo.
- 1 muestra azul en cualquier parte del contenedor estándar = 2 puntos para el robot azul.
- 1 muestra azul en el contenedor refrigerado azul = 2 puntos para el robot azul.
- Material incorrecto (muestra del oponente o hielo) en el contenedor refrigerado = -1 punto.

Señalar que en el contenedor estándar solo puntúan las muestras que estén tocando el suelo del mismo, por lo que si alguna muestra cae encima de otras, esta no se tendrá en cuenta a la hora de realizar la puntuación al final del partido. [6]

Puntos de bonificación

Para recompensar muestras conservadas en las mejores condiciones en el contenedor estándar, las muestras que se sitúen entre dos bolas de hielo puntuarán 3 puntos de bonificación al robot correspondiente (una muestra roja al robot rojo y una muestra azul al robot azul)

Una vez contado los puntos conseguidos con las muestras se aplicará una serie de penalizaciones dependiendo del comportamiento del robot en el terreno de juego:

- Si un robot colisiona con un oponente violentamente = -1 punto
- Si un robot es considerado peligroso con respecto al campo, al público o al oponente = -1 punto
- Si un robot impide deliberadamente que su oponente tenga acceso a un elemento de juego = -1 punto
- Si el sistema automático de parada falla = -1 punto
- Si un robot tira intencionadamente o sistemáticamente residuos fuera del tablero = -1 punto
- Si un robot se guarda las bolas del equipo oponente = -1 punto
- Si un robot pone las bolas del equipo oponente en su propio contenedor refrigerado = -1 punto
- Aquellos robots que muestren despliegues o acciones distintos a los aprobados anteriormente por los árbitros, o cualquier acción deliberada que no esté en la línea de las reglas = -1 punto

Por último, una vez contabilizados todos los puntos, bonificaciones y penalizaciones, se le otorgará a cada equipo una serie de puntos en función del resultado del partido:

- 4 puntos por una victoria
- 2 puntos por un empate
- 1 punto por una derrota
- 0 puntos por una eliminación

3.2 SOLUCIÓN PROPUESTA

Partiendo de anteriores experiencias de años anteriores, se decidió tratar de simplificar al máximo el robot, usando los sistemas indispensables, e intentar que fuera los más eficiente posible evitando que surgieran fallos previsibles.

Se estudió el terreno de juego, y se realizaron “tormentas de ideas” donde cada miembro exponía sus ideas y los demás opinaban, después de algunas sesiones se decidió que el robot sólo recogiera muestras de los dispensadores verticales, sin prestar atención al dispensador horizontal, el cual requiere de un sistema que accione la palanca que provoca que las muestras caigan al campo, ni a las muestras repartidas por el área

de juego, que requerirían de un sistema de recogida de muestras por el suelo, complicando el problema.

A la hora de descargar las muestras se optó por depositarlas en el contenedor estándar, ya que acceder a este es más sencillo y además las muestras blancas también puntúan en él, en cambio los contenedores refrigerados se localizan a una altura determinada, añadiendo dificultad.

También se planteó una estrategia acorde con la idea de simplicidad, eficiencia y fiabilidad ya que esta influye notablemente en el diseño del robot. Por tanto la solución propuesta consiste en diseñar un robot que sea sencillo, eficiente, robusto, rápido. Una vez determinado esto, se procede al diseño de la estructura del robot que tendría un perfil en C adecuado, para que al aproximarse al dispensador este quedara encajado en el interior del robot para posteriormente recoger las muestras. Se diseñó un sistema de recogida de los dispensadores verticales, que consiste en un conjunto de palas y rampas capaz de recoger muestras y descargarlas rápidamente.

Se comenzó construyendo un prototipo con una estructura en policarbonato extruido, así como el sistema de recogida construido con diferentes plásticos reciclados, incluyendo el sistema locomotor y de control, realizando las primeras pruebas de movimiento y recogida de muestras. De los resultados obtenidos con el primer prototipo así como los fallos y problemas encontrados, optamos por construir una segunda versión incluyendo las soluciones y mejoras encontradas con el primer prototipo.

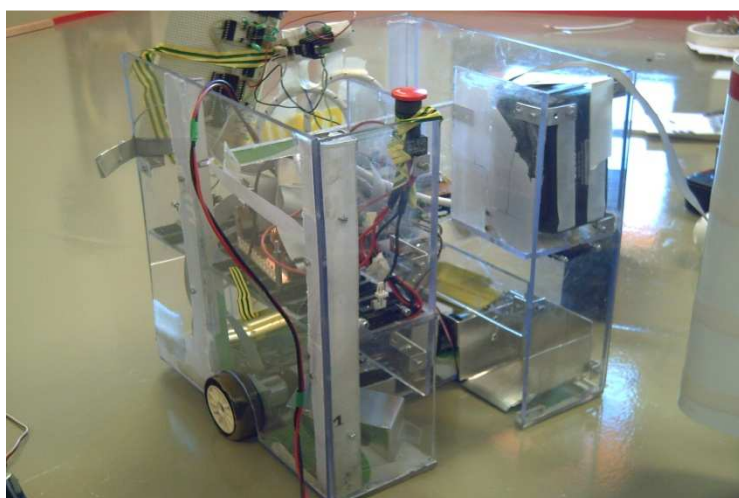


Ilustración 3.2.1: Primer prototipo del robot “Esbirro”

A la hora de construir el segundo prototipo optamos por respetar la disposición del sistema de recogida y optimizar tanto el cableado como la disposición de la electrónica.

También nos replanteamos los materiales con los que íbamos a construirlo, contemplando la posibilidad de construir la estructura del robot con un material más resistente y ligero que el policarbonato extruido, llegamos a la conclusión que realizar la estructura del robot en aluminio era una buena solución.

La estructura está compuesta por una base cuadrada de 300 mm de lado a la que se le practicaron los cortes correspondientes a la abertura del dispensador y el hueco de la caja de recogida de muestras. También se le hicieron cortes para los huecos de las ruedas. A modo de columnas se utilizaron una serie de perfiles en L sujetos a la base del robot mediante tornillos.

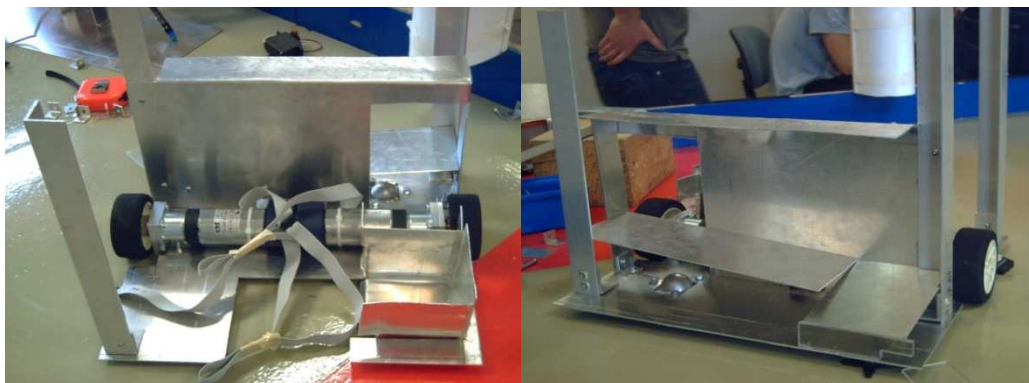


Ilustración 3.2.2: Estructura de aluminio de “Esbirro 2.0”

Sobre la estructura de aluminio se dispondrían todos los sistemas diseñados de forma que se optó por colocar las placas de los distintos sistemas sobre unos soportes de policarbonato extruido de forma que pudieran fijarse a estos mediante tornillos.

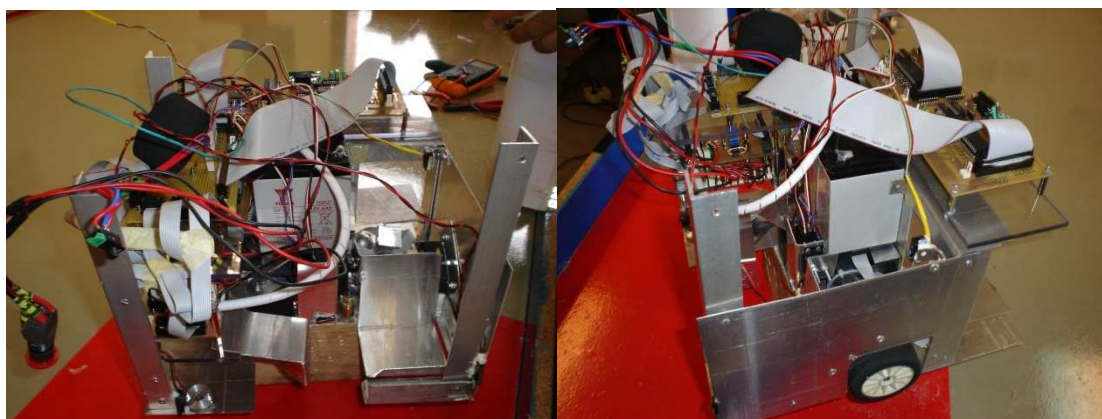


Ilustración 3.2.3: Disposición de los sistemas en el interior de la estructura

También optamos por construir las paredes del robot de policarbonato extruido de 5 mm de espesor ya al ser transparente de esta manera se puede visualizar el interior del robot.

Se diseñó también una tapa superior construida en policarbonato de 5 mm a la que se añadieron unas escuadras de aluminio que proporcionaba robustez y rigidez a todo el robot.

En la siguiente ilustración se puede observar el acabado final del robot:



Ilustración 3.2.4: Acabado final de “Esbirro 2.0”



CAPÍTULO 4:

SISTEMA SENSORIAL Y DE ACCIONAMIENTO DE LA RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

4.1 COMPOSICIÓN Y UBICACIÓN DEL SISTEMA SENSORIAL

El sistema sensorial permite a un robot realizar una tarea con precisión velocidad e inteligencia ya que este le permite recopilar información tanto del entorno del robot como del estado interno de este.

El sistema sensorial se encarga de recopilar por tanto información que es enviada a la unidad de control donde es procesada.

En nuestro caso dotaremos al robot de un sistema sensorial que será capaz de recopilar información sobre la posición, velocidad y situación general del robot en el campo, así como de detectar posibles situaciones en las que se requiera una respuesta determinada. Toda esta información se enviará al sistema de control el cual según esta información generará una respuesta en consecuencia.

El sistema sensorial está compuesto por varios sensores, a continuación se enumeran los sensores escogidos y su función:

- *Sensores de Contacto:* el robot incluye un total de ocho sensores de contacto, los sensores utilizados son Bumpers, sensores fin de carrera, estos sensores están repartidos en dos grupo, cuatro se encuentran en el interior del robot y se encargan de conocer el estado del sistema de recogida de muestras detectando la posición en la que se encuentran sus articulaciones y el dispensador vertical, los cuatro sensores restantes se localizan en la parte delantera y trasera (dos en cada una) del robot estos enviaran información de la posición del robot detectando cuando este se encuentra con un borde del tablero.
- *Sensores infrarrojos:* el robot está equipado con un total de cuatro sensores infrarrojos GP2D12, dos en la parte delantera y dos en la parte posterior, estos sensores se encargan de detectar a un contrario, iniciando de esta manera una maniobra de evasión para tratar de evitar una colisión.
- *Encoders:* los motores que lleva el robot están dotados con un encoder óptico, el cual se encarga de enviar información sobre la velocidad y la distancia recorrida por los motores. Gracias a ellos el robot puede variar su velocidad de desplazamiento y conocer su posición en el tablero de juego.

4.2 SENSORES DE CONTACTO

El sensor final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit swicht, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), normalmente cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan

al ser accionados, por esta razón existe gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Estos sensores están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.[22]



Ilustración 4.2.1: Bumper SS-5GL

4.2.1 Sensores internos

Existen cuatro sensores, que se encargan de enviar información del proceso de carga de muestras. Estos sensores están encargados de determinar la posición de la caja, la pala y la detección del dispensador vertical. Ahora veremos donde están colocados.

Al aproximarse el robot al dispensador vertical sigue avanzando hasta que queda encajado y se pulsa el bumper que detecta que el dispensador está en la posición correcta.

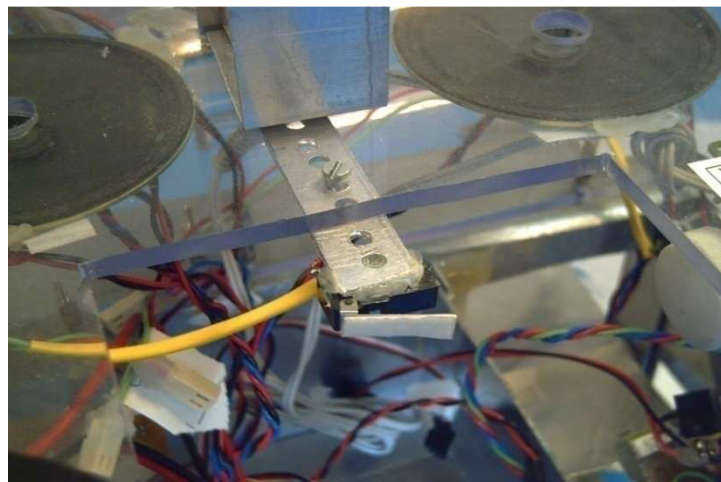


Ilustración 4.2.1.1: Sensor de detección del dispensador vertical

El sensor encargado de determinar la posición de la pala detecta que la pala está girada completamente lo que indica que si el robot está encajado en el dispensador

al girar la pala arrastrará la muestra hasta la caja. Cuando el sensor quede pulsado indicará que la muestra se encuentra en el interior de la caja.



Ilustración 4.2.1.2: Sensor de fin de recorrido de la pala

Ahora veremos los sensores encargados de detectar la posición de la caja de recogida de muestras, existen dos sensores uno encargado de detectar la posición de recogida de muestras (caja abajo) y otro para la posición de descarga de muestra (caja arriba).

En la siguiente ilustración vemos donde está colocado el sensor que detecta que la caja se encuentra en la posición de recogida de muestras.

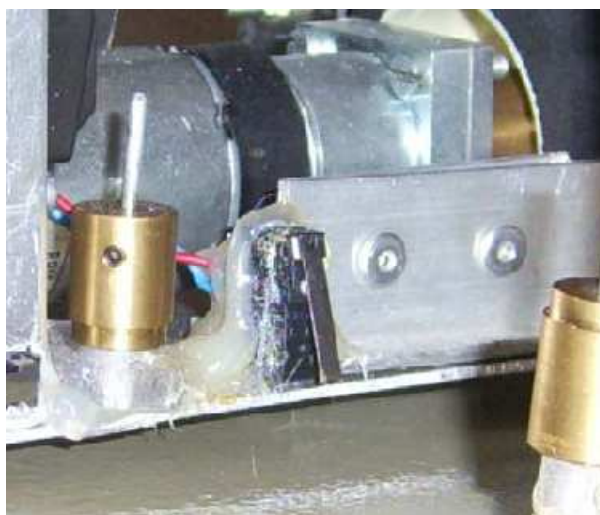


Ilustración 4.2.1.3: Sensor de detección de posición inferior de la caja

En la siguiente ilustración vemos el sensor de contacto encargado de detectar cuando la caja se encuentra en la posición de descarga.



Ilustración 4.2.1.4: Sensor de detección de posición superior de la caja

4.2.2 Sensores externos

Los sensores externos se encargan de determinar cuando el robot se encuentra con una borde o pared, esto es de gran ayuda para saber en qué posición sobre el tablero de juego se encuentra el robot.

La localización de los sensores se puede apreciar en las siguientes ilustraciones. En esta podemos apreciar como los sensores están fijados a la base del robot mediante pegamento termofusible.

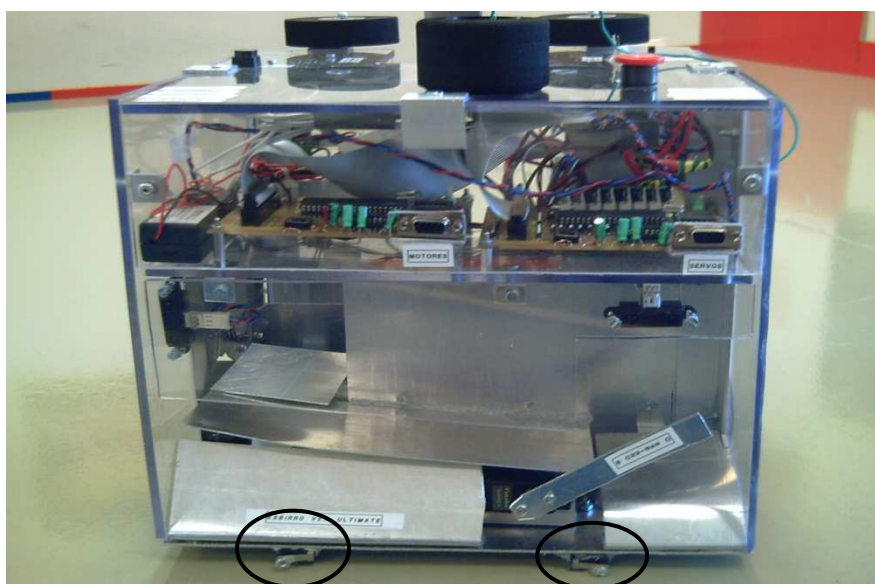


Ilustración 4.2.2.1: Sensores fin de carrera zona trasera

Aquí podemos ver como los sensores están colocados en la pared del robot de manera que al aproximarse a un borde del campo de juego queden activados. Los

sensores están encajados en la pared del robot y además unidos a esta con pegamento termofusible.

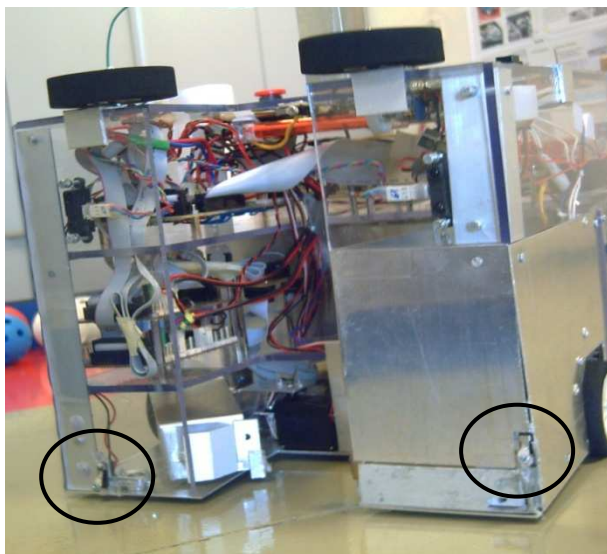


Ilustración 4.2.2.2: Sensores fin de carrera de la parte delantera

Tanto los sensores de la parte frontal como los de la parte trasera están conectados en una configuración lógica tipo AND, de manera que únicamente cuando los dos sensores estén activados se cerrará el circuito y por tanto la señal a la placa de control.

4.3 SENSORES INFRARROJOS

Según la normativa nuestro robot debe incorporar un sistema para detectar a los rivales y evitar las colisiones.

Para este cometido equiparemos al robot con unos sensores infrarrojos. Un sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión.

Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible. [23]

Los dispositivos infrarrojos utilizados estarán equipados de un pequeño sensor detector de posición lineal (PSD) que determinará la distancia o la presencia de objetos dentro de su campo de visión utilizando para ello un método de triangulación. Su funcionamiento se basa en la emisión de un pulso de luz infrarroja y su posterior recepción al rebotar este contra un objeto.

En el caso de encontrar un obstáculo, el haz de luz infrarroja emitido se reflejará, creando de esta manera un triangulo formado por el emisor, el punto de reflexión y el detector. Para averiguar la distancia entre el sensor y el objeto solo habrá

que medir el ángulo recibido, de forma que cuanto menor sea el ángulo mayor será la distancia entre los dos. [24]

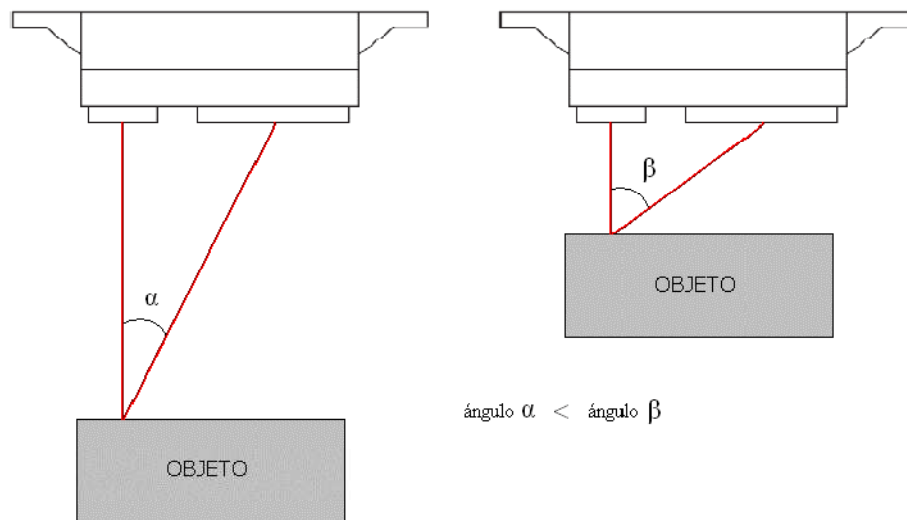


Ilustración 4.3.1: Método de triangulación de los sensores infrarrojos

Los sensores escogidos son los GP2D12 de la marca SHARP, estos sensores tienen un rango de detección que varía entre los 10 hasta los 80 cm de distancia, estos sensores presentan una respuesta analógica devolviendo un valor de tensión variable en función de la distancia a la que se encuentre el objeto.

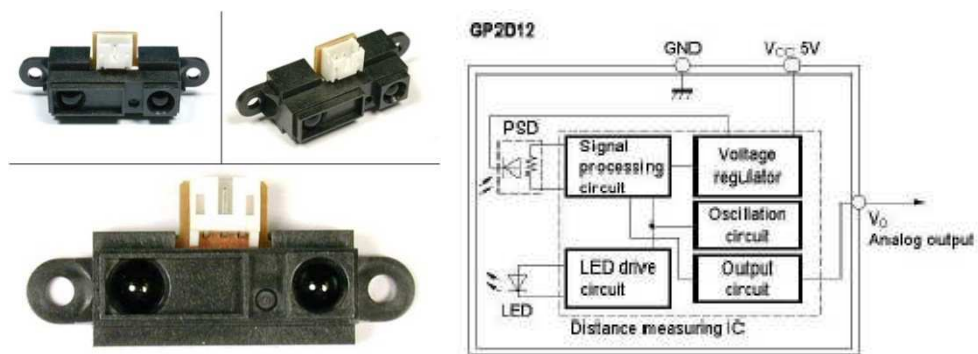


Ilustración 4.3.2: Detalle y esquema interior de un GP2D12

La detección de un rival se realizará comunicando un “1” lógico al microcontrolador encargado del control de los motores, el cual se encargará de activar una rutina de evasión para evitar la colisión. Si no se detectara nada se enviaría un “0” lógico, continuando el robot su rutina de movimiento normal.

Para convertir la señal analógica proporcionada por el sensor GP2D12 a una señal digital se conectará a la salida del sensor un amplificador operacional LM324 en configuración de comparador. [1]

Este amplificador se encargará de comparar la señal de tensión emitida por el sensor con una tensión fijada mediante un potenciómetro, colocado a modo de divisor de tensión en la pata negativa del amplificador, de forma que si la tensión suministrada por el sensor es mayor a la fijada a través del potenciómetro, la salida del amplificador se pondrá a nivel alto lo que significa que se ha detectado un objeto.

De esta manera, al modificar el valor del potenciómetro, podremos variar el rango de detección a partir del cual el Microcontrolador activaría la rutina de evasión, quedando dicho rango de detección desde 10 cm hasta la distancia deseada introducida a través del potenciómetro.

Por último, para estabilizar la tensión de alimentación del dispositivo, se conectará un condensador de 10 μF o más entre VCC y GND lo más cerca posible del GP2D12. [3]

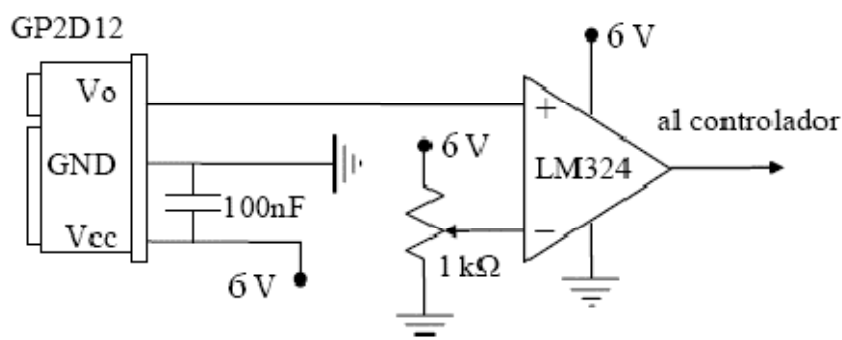


Ilustración 4.3.3: Esquema del conexionado del sensor GP2D12

Se colocarán un total de cuatro sensores GP2D12 en el robot, con siguiente disposición, dos en la parte delantera y dos en la parte trasera.

Todos estarán conectados a una pequeña placa en la que se conectarán con el amplificador operacional. En esta placa también conectaremos las salidas de los amplificadores a un integrado de puerta OR de esta manera se mandará señal al microcontrolador cuando uno de los cuatro sensores detecte a un oponente.

A continuación se muestran unas ilustraciones en las que se aprecia la localización de los sensores en el robot:

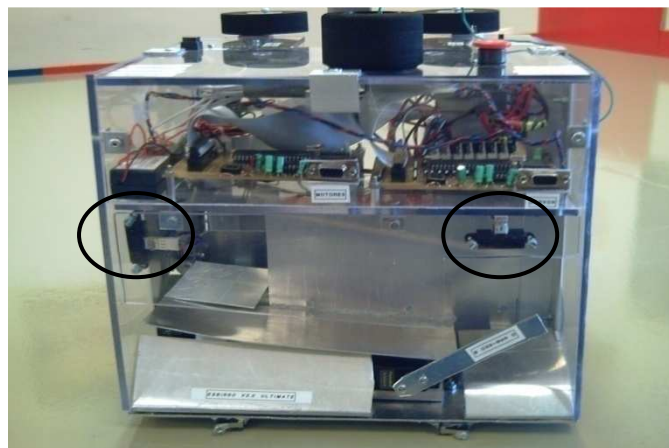


Ilustración 4.3.4: Localización de los sensores GP2D12 en la parte trasera del robot

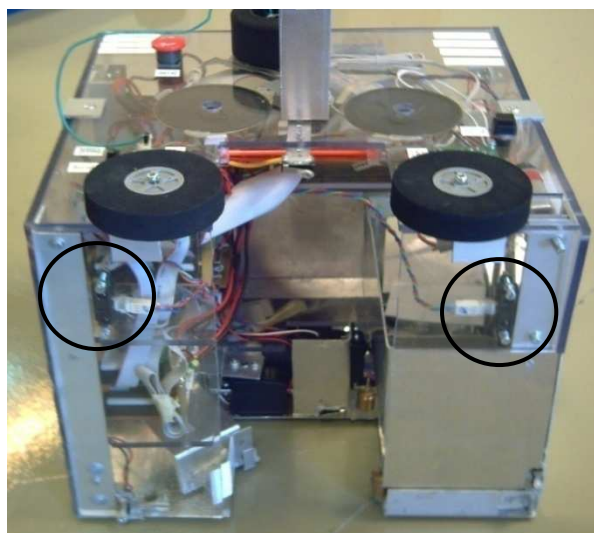


Ilustración 4.3.5: Localización de los sensores GP2D12 en la parte delantera del robot

4.4 ENCODERS

El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal si se asocian a cremalleras o a husillos.

Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos, contadores lógicos, sistemas de control, etc. Las aplicaciones principales de estos transductores están en las máquinas de herramientas, en robots, en los sistemas de motores, en los aparatos de medición y control. [1]

En los encoders la detección del movimiento angular se ejecuta en base al principio de exploración fotoeléctrica. El sistema de lectura se basa en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por líneas opacas alternadas con espacios transparentes.

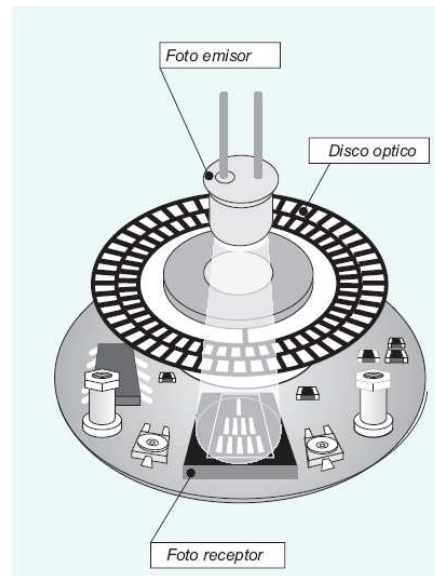


Ilustración 4.4.1: Esquema de funcionamiento de un encoder

Este conjunto está iluminado de modo perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos. El disco proyecta de este modo su imagen sobre la superficie de varios receptores oportunamente enmascarados por otro reticulado que tiene el mismo paso del anterior colimador. [1]

Los receptores tienen la tarea de detectar las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco convirtiéndolas en las correspondientes variaciones eléctricas. El modelo elegido para el robot es el EB50 proporcionado por la marca Bernio. Este dispositivo se adquirió junto a los motores de forma que ambos se compraron ensamblados en fábrica. [24]

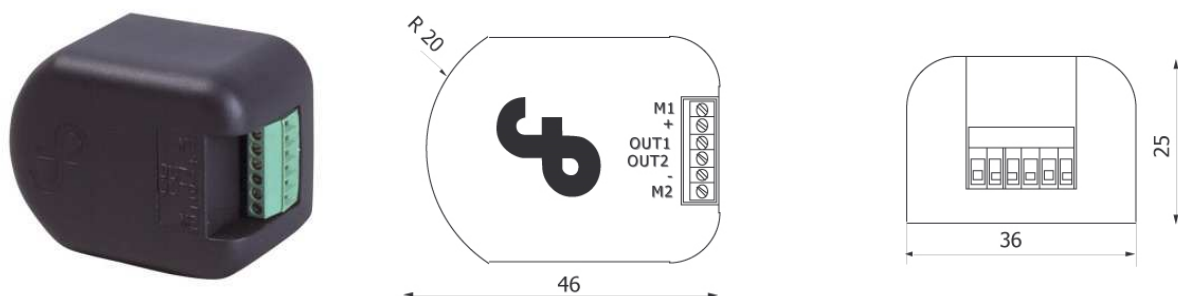


Ilustración 4.4.2: Encoder Bernio EB50

Estudiando las hojas de características proporcionadas por el fabricante observamos que este modelo puede funcionar tanto en modo unidireccional como en modo bidireccional, proporcionando 50 y 25 pulsos por vuelta respectivamente.

El rango de alimentación estará comprendido entre 6 y 24 Vcc y será necesario situar una resistencia de pull-up entre la alimentación y la salida para obtener un adecuado acondicionamiento de la señal de salida del encoder.

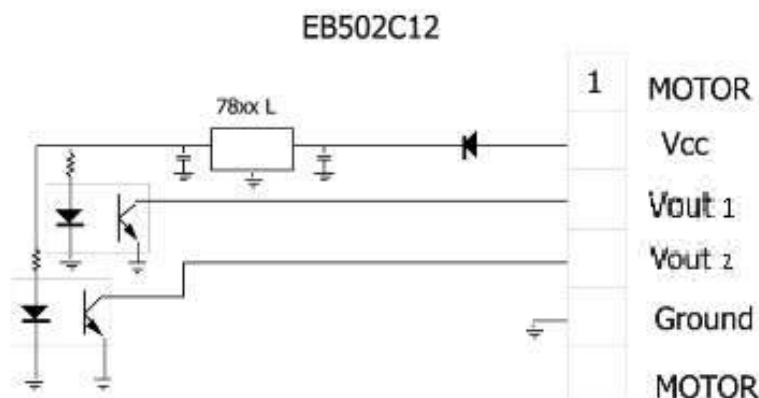


Ilustración 4.4.3: Esquema eléctrico del encoder Bernio EB50

Para nuestro caso se optó por utilizar el modo bidireccional alimentándolo a 6 Vcc, por lo que cada canal de salida nos proporcionará 25 pulsos por vuelta. Habrá que tener en cuenta que, al estar dotado el motor de una reductora, el número de pulsos proporcionados por el encoder en una vuelta aumentará en el mismo orden, por lo tanto la reductora 1/16 del motor los incrementará hasta un valor de 400 pulsos por vuelta.

Conociendo el número de pulsos por vuelta y teniendo en cuenta que las ruedas tienen un diámetro de 66 mm, se podrá calcular la distancia total recorrida en un único pulso, y por tanto la resolución del conjunto, mediante la siguiente expresión:

$$L = \pi \cdot D = \pi \cdot 66 \text{ mm} = 207.34 \text{ mm recorridos en una vuelta}$$

$$L / \text{ppv} = 207.34 \text{ mm} / 400 = 0.52 \text{ mm recorridos en un pulso}$$

Los resultados obtenidos nos indican la gran precisión que se puede obtener al controlar robots con este tipo de sensores. [3]

Un problema que podemos encontrar es la pérdida de información debida al deslizamiento de las ruedas sobre el terreno de juego y el consiguiente error en la distancia registrada y la distancia real.

Para compensar estos errores se han añadido los sensores de contacto o fin de carrera mencionados con anterioridad, estos sensores dan información adicional que junto con la proporcionada por los encoders nos permiten conocer la posición del robot sobre el terreno de juego con escaso margen de error.

4.5 SISTEMA MECÁNICO DE RECOGIDA

El sistema mecánico de recogida de muestras está diseñado para recoger muestras de los dispensadores verticales, por tanto nuestro robot se especializará en la recogida de muestras de estos dispensadores. Para esto el sistema de recogida está compuesto de una pala de empuje una caja de recogida.

4.5.1 Estructura adaptada para el dispensador vertical

La forma del microrobot se ha diseñado con el propósito de que los dispensadores verticales queden encajados en el interior del robot. Así el robot presenta una abertura de arriba a abajo de 10 x 10 cm en la que encaja el dispensador vertical.

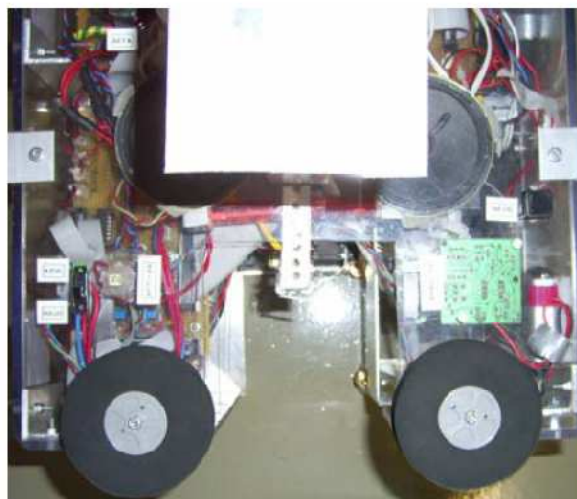


Ilustración 4.5.1.1: Abertura de acoplamiento del dispensador vertical

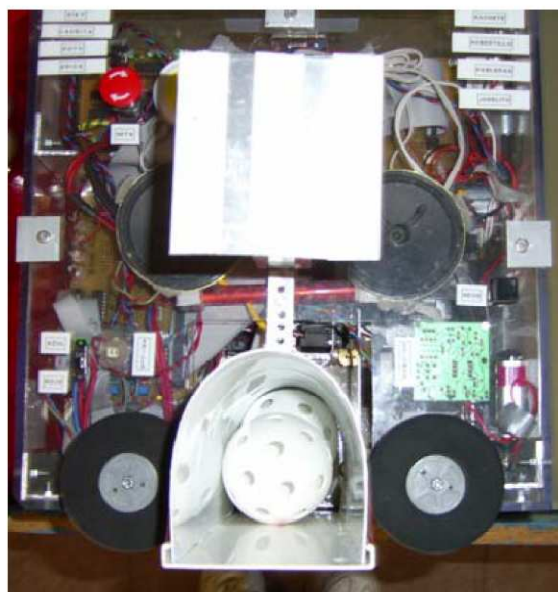


Ilustración 4.5.1.2: Acoplamiento del robot con el dispensador vertical

4.5.2 Pala de empuje de muestras

La pala de empuje está construida en una sola pieza de aluminio lacado de 1,5 mm de espesor, con un apéndice en el extremo de policarbonato extruido para garantizar que las muestras queden alojadas en el interior de la caja.



Ilustración 4.5.2.1: Pala de empuje de muestras

La función de la pala es la de desplazar la muestra que se encuentra en contacto con el terreno de juego desde el dispensador vertical hasta la caja de recogida.

Para evitar que las muestras se atasquen mientras el robot realiza la recogida de las mismas se ha diseñado la pala de empuje con una cara superior plana que al desplazar una muestra la que se encuentra inmediatamente encima de la primera queda apoyada en la pala de empuje ya que esta actúa de tapón para que únicamente cuando la pala ha introducido la primera muestra y se recoge a su posición inicial, la muestra que se encontraba apoyada en la pala cae de manera que se pueda recoger la siguiente muestra, este proceso se repite hasta cargar un total de 5 muestras.

Al sistema también se le han añadido unos rodillos antibloqueo, que giran libremente, a la entrada de la caja, se encuentran fijados a la estructura del robot mediante pegamento termofusible.



Ilustración 4.5.2.2: Detalle de los rodillos antibloqueo en la recogida de muestras

Su función es la de evitar que las muestras queden atascadas al ser empujadas por la pala y faciliten la entrada de estas en la caja, de esta manera si las muestras tocan

en los rodillos al ser empujadas, estos giran conduciendo la muestra al interior de la caja de recogida. [2]

4.5.3 Caja de recogida de muestras

La caja de recogida de muestras está construida con una plancha de aluminio lacado de 1,5 mm de espesor, las dimensiones de la base de la caja son de 9 x 9 cm, estas dimensiones vienen determinadas por el tamaño de las muestras de manera que puedan ser albergadas si problemas de atascos.

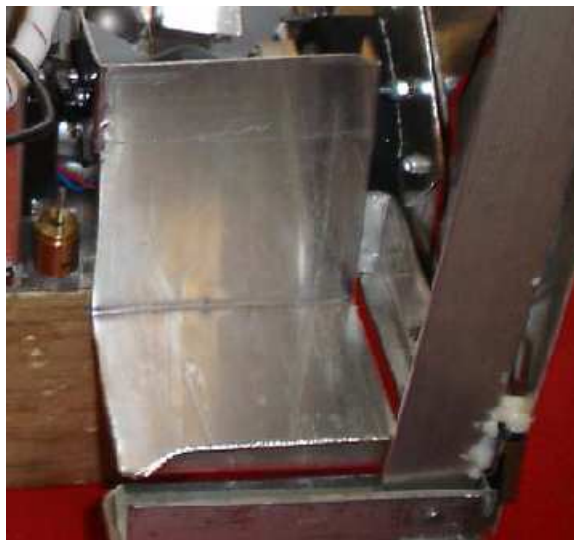


Ilustración 4.5.3.1: Caja de recogida de muestras

La función de este elemento es la de albergar las muestras empujadas por la pala y posteriormente depositarlas en la rampa de almacenamiento de muestras.

4.6 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DESCARGA

El sistema de almacenamiento y descarga está compuesto por una serie de rampas y una compuerta al final de éstas.

La rampa de almacenamiento está constituida por tres tramos contruidos en aluminio lacado de 1,5 mm de espesor, cada uno de ellos tiene un cierto grado de inclinación de manera que al depositar la caja de recogida una muestra en la rampa, esta rueda hasta el final de la rampa. La anchura de la rampa es de 7,5 mm y el tramo de mayor longitud es de 29 cm, la longitud del tramo final de descarga es de 13 cm.



Ilustración 4.6.1: Rampa de almacenamiento de muestras y barrera de descarga

La rampa está sujeta mediante unos soportes de aluminio perforado que están fijados a la estructura del robot mediante tornillos roscados (1 cm de largo y 4 mm de diámetro) y tuercas (4 mm de diámetro).

La descarga de muestras se logra de manera natural, por gravedad, gracias a la inclinación de la rampa, el tramo más largo tiene una altura inicial de 8 cm y una final de 2 cm. La barrera a la salida que controla la descarga de muestras de la rampa tiene unas dimensiones de 11 x 1,5 cm y al igual que la rampa está construida en aluminio lacado de 1,5 mm de espesor.

De esta manera la rampa puede almacenar un total de 5 muestras en su interior y descargarlas de manera rápida mediante el accionamiento de la barrera de descarga.

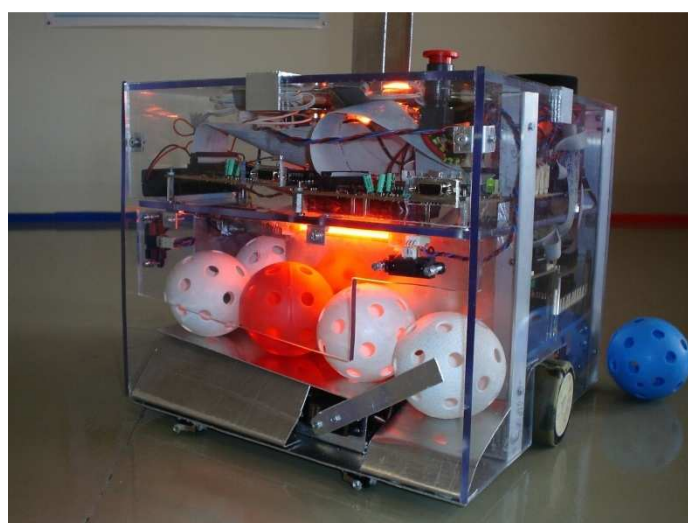


Ilustración 4.6.2: Detalle de la rampa, puede almacenar 5 muestras

En la parte posterior del robot, en la que se realiza la descarga, se ha equipado al robot con un perfil en cuña que es capaz de arrastrar y elevar por encima del borde del terreno de juego muestras que se encuentren en medio del campo de manera que al aproximarse a la zona de descarga del contenedor estándar las muestras que hayan sido arrastradas caerán en el interior de este.

Se encuentra alojado en la parte inferior de la rampa de almacenamiento y está fijado a la base del robot mediante tornillos roscados (1cm de largo y 4 mm de diámetro) y tuercas (4 mm de diámetro).

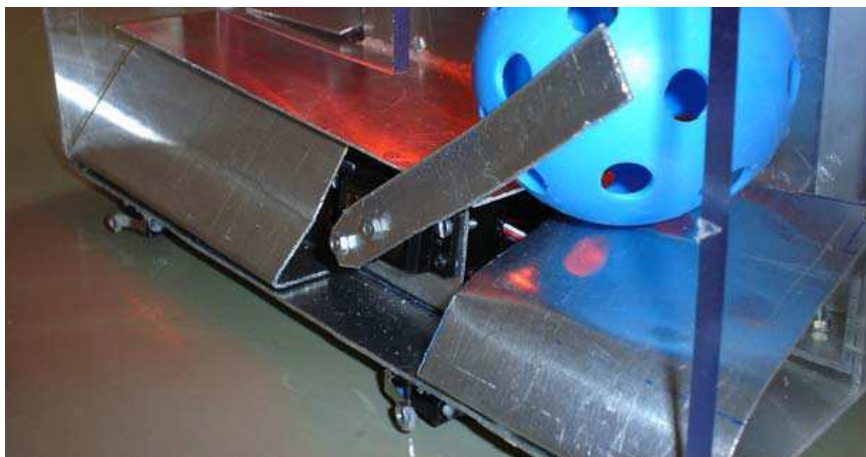


Ilustración 4.6.3: Perfil en cuña de arrastre de muestras

La función de este perfil en cuña es doble por un lado evitar que las muestras del campo pudieran entorpecer la descarga en el contenedor estándar y además un sistema de puntuación extra.

4.7 SECUENCIA DE RECOGIDA DE MUESTRAS

La secuencia de recogida de muestras sigue los siguientes pasos:

1. La muestra se encuentra en interior de la abertura entre la pala y la caja.

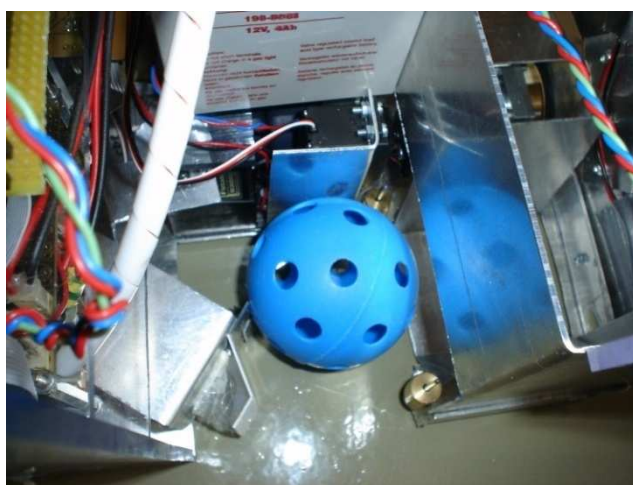


Ilustración 4.7.1: Muestra preparada para ser cargada

2. La muestra es empujada por la pala hasta que queda albergada en el interior de la caja. La pala activa el sensor y mantiene la posición.

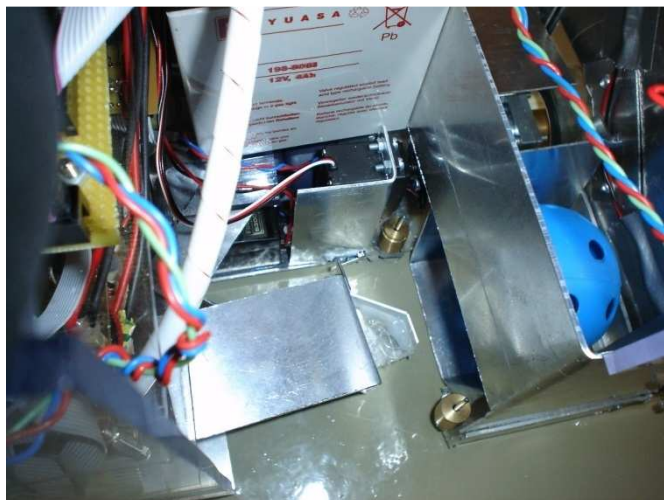


Ilustración 4.7.2: Muestra alojada en el interior de la caja de recogida

3. En el momento en el que la pala activa el sensor la caja se eleva para depositar la muestra en la rampa de almacenamiento.

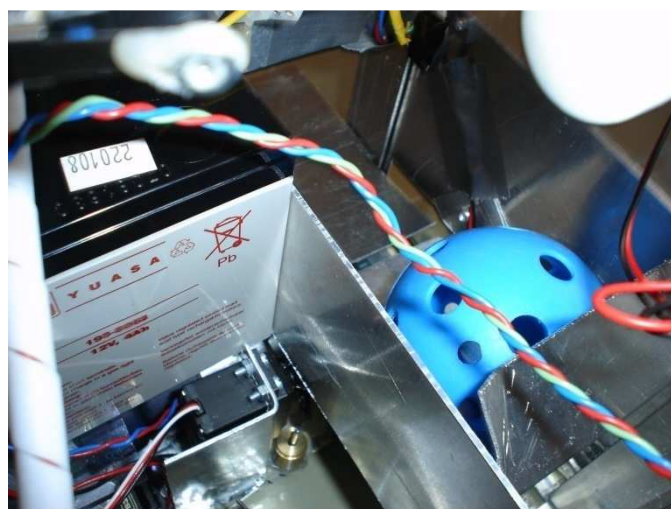


Ilustración 4.7.3: Muestra ascendiendo hasta la rampa de almacenamiento

4. Por gravedad la muestra rueda hasta el final de la rampa donde la barrera evita que salga.

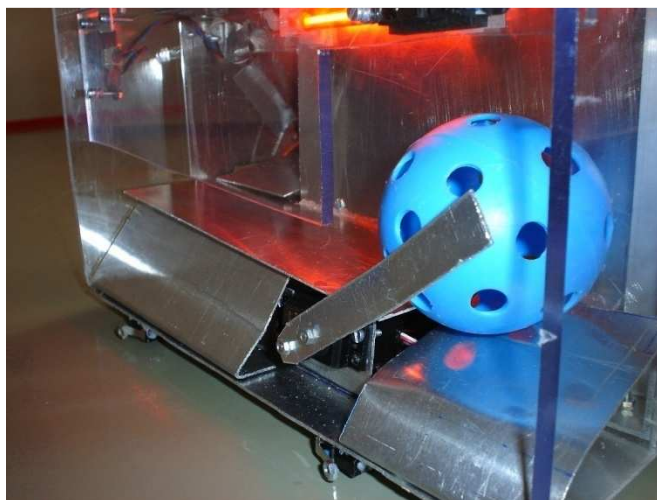


Ilustración 4.7.4: Muestra almacenada en la rampa

5. Mientras la muestra desciende por la rampa, la caja al elevarse acciona un sensor de contacto, una vez accionado, la caja comienza a descender hasta que se encuentra en la posición inferior donde activa otro sensor de contacto, que provoca que la pala gire dejando caer la siguiente muestra para repetir el proceso hasta cinco veces. [1]

4.8 SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

Todo el sistema de recogida esta accionado por servomotores que se encargan de generar el movimiento de la pala de empuje, la caja de recogida y la barrera de descarga.

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control.

Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos. [27]

Los servomotores utilizados son el modelo S3003 de la marca Futaba. Este servo se caracteriza por su simplicidad, ya que permite movimientos de 180° en cada sentido y sencillo control mediante una señal PWM.



Ilustración 4.8.1: Detalle del servo S3003 de Futaba

Los servomotores poseen tres terminales de entrada:

- Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)
- Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)
- Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor.

En nuestro caso, los servomotores de la marca Futaba poseen el terminal positivo de color rojo, el negativo es negro y el de la señal de control es blanco. [2]

A continuación, se muestra una tabla con los valores más comunes usados en un servomotor según la duración a nivel alto de la señal PWM:

Duración del nivel alto [ms]	Ángulo [grados]
0.3	0
1.2	90
2.1	180
0.75	45

4.8.1 Servomotores en el microrobot

Servomotor de la pala: es el responsable de generar el movimiento suficiente para que la pala pueda desplazar la muestra desde el dispensador vertical hasta la caja de recogida. Una vez realizado el movimiento mantiene la posición hasta que la caja ha descargado la muestra en la rampa y vuelto a su posición inicial en ese momento la pala se recoge para volver a empujar la siguiente muestra.



Ilustración 4.8.1.1: Servo de la pala de empuje

Servomotor de la caja: se encarga de generar el movimiento de la caja de recogida de manera que esta ascienda con la muestra en su interior y la deposite en la rampa de almacenamiento. Una vez descargada la muestra la caja desciende hasta su posición inicial.



Ilustración 4.8.1.2: Servo de la caja de recogida

Servomotor de la puerta: genera el movimiento de la barrera de la puerta de descarga, la barrera únicamente se abrirá cuando el robot llegue al borde del contenedor de descarga. La barrera permanece abierta hasta que comienza la secuencia de carga de muestras.



Ilustración 4.8.1.3: Servo de la barrera de la puerta de descarga



CAPÍTULO 5:

SISTEMA LOCOMOTOR Y DE POSICIONAMIENTO

5.1 SISTEMA DE TRACCIÓN

El sistema de tracción y el locomotor son los encargados de hacer que el robot sea capaz de desplazarse por el campo de juego.

Desde el punto de vista de la tracción la robótica puede clasificarse en dos grandes grupos: los basados en movimiento por actuadores o piernas y los basados en movimiento por rodadura.

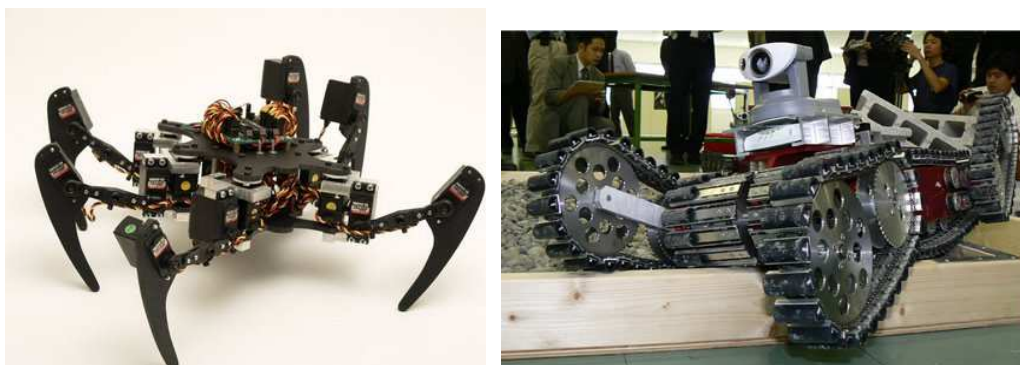


Ilustración 5.1.1: Ejemplos de tracción por patas y tracción por orugas

En nuestro caso se ha optó por el movimiento basado en rodadura ya que es el más sencillo. Pero dentro de este sistema cabe destacar varias posibilidades. Los robots de rodadura pueden clasificarse a su vez en función de su mecanismo de dirección. [1]

- **Diferencial:** Es la más sencilla. Consta de dos ruedas motrices y una o varias que giran libremente dotando de estabilidad al robot. Con esta configuración los giros se consiguen girando ambas ruedas a distintas velocidades. Incluso se pueden realizar giros de radio cero. A esta categoría pertenecen los robots con tracción de oruga.
- **Triciclo:** Parecida a la tracción diferencial pero sustituyendo la rueda libre por una rueda directriz, o concentrando las funciones motriz y directriz en la rueda delantera. Es muy fácil de implementar y controlar, pero es algo inestable.
- **Ackerman:** Posee dos ruedas motrices y otras dos directrices. Su principal característica es que cuando el robot gira las circunferencias que trazan las dos ruedas directrices tienen el mismo centro. Esta configuración es energéticamente muy eficiente y permite giros a altas velocidades. Es la dirección utilizada en los automóviles.
- **Síncrona:** Todas las ruedas giran simultáneamente sobre sí mismas y apuntan en la misma dirección. Con esta configuración se desacoplan los giros y los desplazamientos, a costa de velocidades bajas y una cuidadosa calibración.

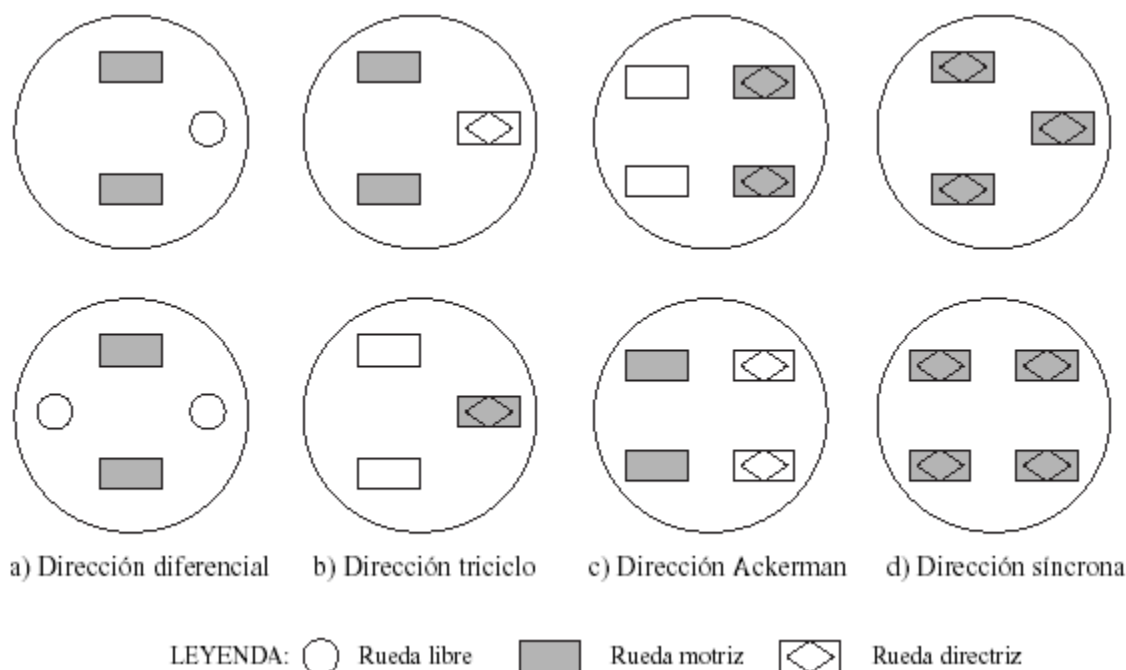


Ilustración 5.1.2: Clasificación de sistemas de dirección motriz

Se optó por dotar al robot con una configuración diferencial debido a la gran maniobrabilidad, sencillez y coste que posee esta configuración, proporcionando de esta manera un sistema de desplazamiento flexible y preciso, capaz de trasladar al robot por el terreno de juego sin dificultad, además de efectuar giros rápidos y precisos.

Las desventajas de esta configuración son la necesidad de un control de precisión en las trayectorias rectas, ya que es complicado realizar desplazamientos completamente rectos, además el cambio de diámetro de las ruedas distorsiona el control de dirección del robot.

El eje motor se colocó en el centro de la plataforma, de forma que el comportamiento del robot fuese lo más simétrico posible a la hora de efectuar giros en ambos sentidos y cambios de dirección. Además se colocaron varias ruedas libres para dar estabilidad al conjunto resultante, y evitar cabeceos o balanceos del robot al realizar frenadas o cambios de sentido de giro. [1]

5.1.1 Ruedas

Las ruedas son los elementos que nos permiten comunicar la tracción de los motores con el suelo y así conseguir desplazar el robot. Estos movimientos se realizan gracias a dos tipos de ruedas. Por un lado dos ruedas motrices situadas a cada lado del robot y por otra parte tres ruedas locas que estabilizan el robot y evitan el rozamiento de la base con el suelo. Un aspecto importante del diseño, fue la elección de las ruedas. Desde el principio se optó por las ruedas de neopreno, ya que de entre todas las ruedas existentes es una de las que mejor agarre proporciona. Las ruedas utilizadas tienen un radio de 33 mm.



Ilustración 5.1.1.1: Ruedas de neopreno

Tras varias pruebas en el terreno de juego, se comprobó que la adherencia de las ruedas dependía del tipo de pintura usada en el campo de juego, por lo que para evitar posibles deslizamientos y patinados de estas, se diseñaron unas fundas de goma que se podía poner y quitar en caso de no ser necesarias. Esto proporcionaba a las ruedas una óptima adherencia ante condiciones variantes del terreno de juego.

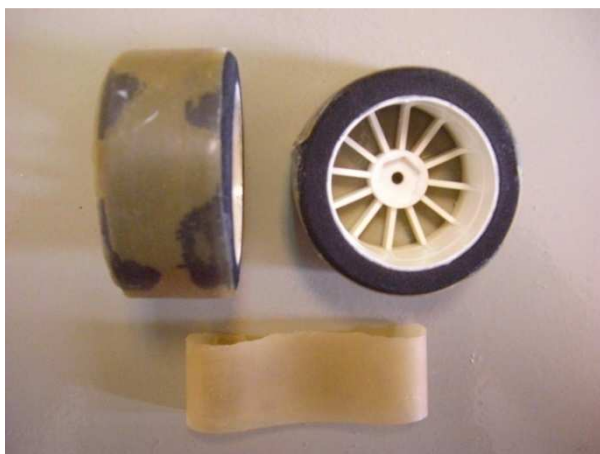


Ilustración 5.1.1.2: Ruedas de neopreno con funda de goma

En cuanto a las ruedas locas usadas se utilizaron dos modelos distintos. Se utilizaron dos ruedas locas comerciales de aluminio de 30 mm de radio y 20 mm de altura. Estas ruedas se localizan debajo de la rampa de almacenamiento.



Ilustración 5.1.1.3: Ruedas locas traseras

La tercera rueda loca, no podía ser de las dimensiones anteriores ya que en el sitio previsto para su colocación el espacio era muy reducido, como solución se optó por encargar una rueda a medida. [1]



Ilustración 5.1.1.4: Rueda loca delantera

Esta rueda tiene un radio de 10 mm y una altura regulable gracias a unos tornillos laterales, de forma que se pudiera ajustar para evitar las pérdidas de adherencia y los movimientos de balanceo. En la siguiente imagen podemos observar la colocación de las ruedas locas en la base del robot.

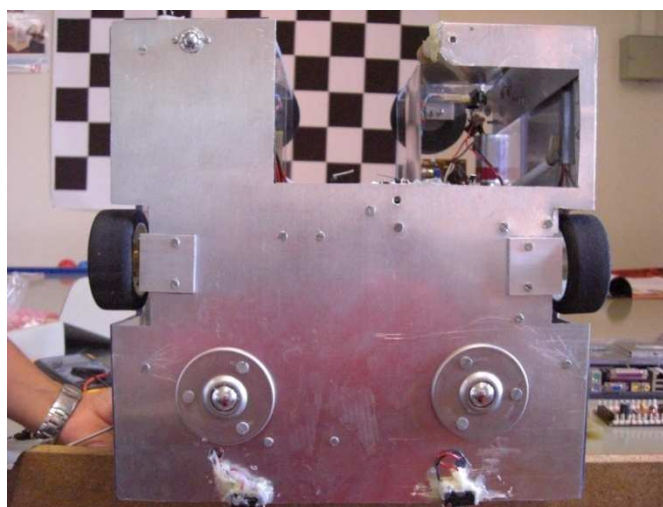


Ilustración 5.1.1.5: Disposición de las ruedas locas

5.2 MOTORES

Una vez determinada la configuración motriz a utilizar, se procede a la elección de unos motores adecuados a estas necesidades. Los motores deberán elegirse de forma que tendrán que proporcionar la fuerza necesaria para mover el robot por el terreno de juego ofreciendo tanto un par como una velocidad adecuadas y suficientes manteniendo unos niveles de consumo de energía aceptables.

El motor escogido es un motor de corriente continua Bernio modelo MR 615 30 Q con reductora 1/16. Esta combinación de motor + reductora nos ofrece unas

características de par y velocidad más que aceptables para las necesidades del proyecto, con un consumo de energía aceptable. [25]



Ilustración 5.2.1: Motor Bernio MR 615 30Q

Como en todos los motores de corriente continua, la dirección de giro se controla mediante la polaridad de sus terminales, de manera que si invertimos esta el sentido de giro también se invierte.

La velocidad en este tipo de motores viene determinada directamente por el nivel de tensión aplicado en sus terminales, de manera que cuanto mayor sea el voltaje aplicado mayor será la velocidad de giro. De esta manera podemos controlar fácilmente el sentido y la velocidad del motor.

5.3 PLACA DE DRIVERS

Esta es una placa diseñada para proveer de energía y a la vez controlar los motores. En ella se aúnan el sistema de alimentación y el sistema de control.

Mediante el uso de unos drivers se hará cargo de permitir o bloquear el paso de corrientes a los motores en función de las órdenes recibidas por la electrónica de control y de esta manera regular el movimiento del robot.

Comenzaremos por estudiar las características eléctricas de los motores utilizados en el sistema locomotor, ya que para lograr un funcionamiento adecuado de lo estos se deberá escoger un driver que sea capaz de proporcionar los niveles de corriente máxima, corriente nominal y tensión exigidos por los motores.

En nuestro caso, los motores Bernio utilizados trabajarán a un voltaje nominal de 12 voltios, generando, según sus hojas de características, unas corrientes de pico de hasta 5,4 amperios y corrientes nominales de aproximadamente 1,2 amperios.

Con estos datos en la mano se optó por utilizar el driver LMD18200T, el cual es capaz de operar en tensiones de 12 Vcc soportando corrientes de pico de hasta 6 A y corrientes nominales de hasta 3 A.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Total Supply Voltage (V_S , Pin 6)	60V
Voltage at Pins 3, 4, 5, 8 and 9	12V
Voltage at Bootstrap Pins (Pins 1 and 11)	$V_{OUT} + 16V$
Peak Output Current (200 ms)	6A
Continuous Output Current (Note 2)	3A
Power Dissipation (Note 3)	25W

Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$, Free Air)	3W
Junction Temperature, $T_{J(max)}$	150°C
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature, T_{STG}	-40°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	300°C

Operating Ratings (Note 1)

Junction Temperature, T_J	-40°C to +125°C
V_S Supply Voltage	+12V to +55V

Ilustración 5.3.1: Características del driver de potencia LMD18200

El driver elegido es un puente H de 3 A que combina bipolares y circuitos de control CMOS con dispositivos de potencia DMOS dentro de un mismo encapsulado.

Específicamente diseñado para aplicaciones de control de movimiento, este dispositivo permite aceptar de forma directa una señal PWM, suministrada por la electrónica de control, para controlar la velocidad y sentido de giro de los motores. El sistema de control se encargará de enviar las señales oportunas al driver para que el motor gire en uno u otro sentido con mayor o menor velocidad usando para ello las entradas PWM, DIRECTION y BRAKE del driver. [3]

Este a su vez entregará la potencia necesaria al motor a través de las salidas OUTPUT 1 y OUTPUT 2, realizando de esta manera el movimiento ordenado por el sistema de control. En las siguientes figuras se puede observar el diagrama de bloques y conexiones del driver de potencia LMD18200T, así como su encapsulado.

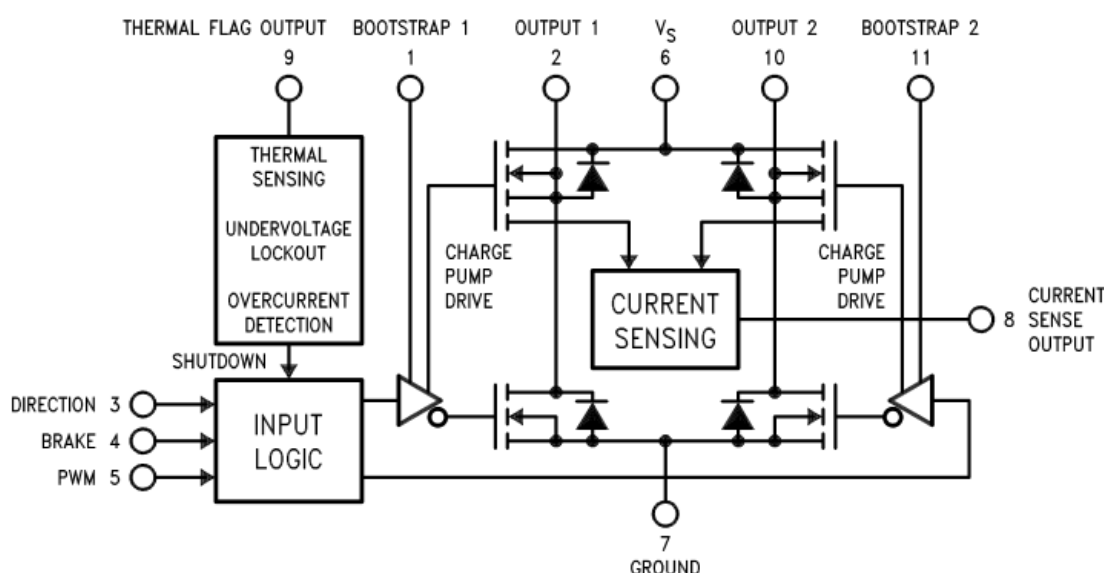


Ilustración 5.3.2: Diagrama de bloques del driver de potencia LMD18200

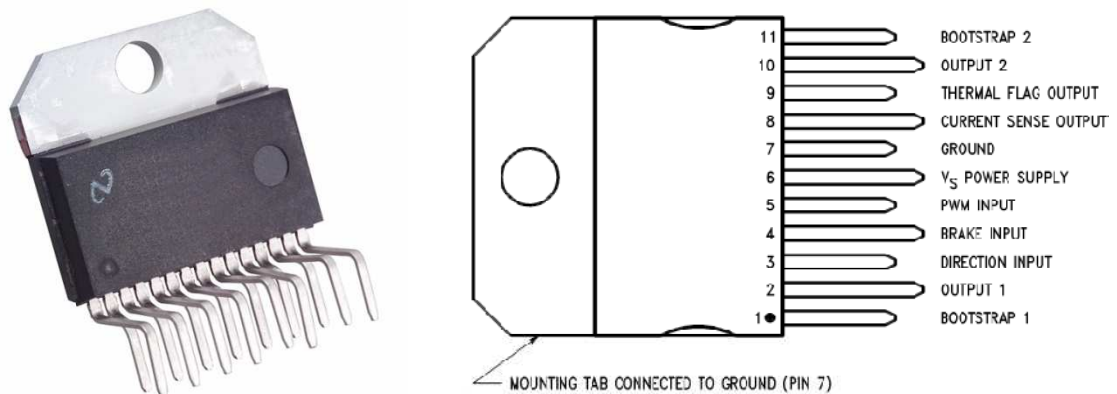


Ilustración 5.3.3: Detalle y configuración de los pines del driver de potencia LMD18200

Según la configuración motriz elegida para la construcción del robot los motores son independientes luego debemos controlarlos de manera independiente utilizando un driver para cada motor.

Para minimizar el número de placas, cableado, así como la distribución de los componentes del robot, se decidió diseñar una placa de drivers para suministrar la potencia y ordenes de control para ambos motores.

Esta placa fue diseñada mediante la herramienta informática de diseño ORCAD, intentado que fuera eficaz versátil y generalizada, de modo que pudiera ser reutilizada en futuros proyectos.

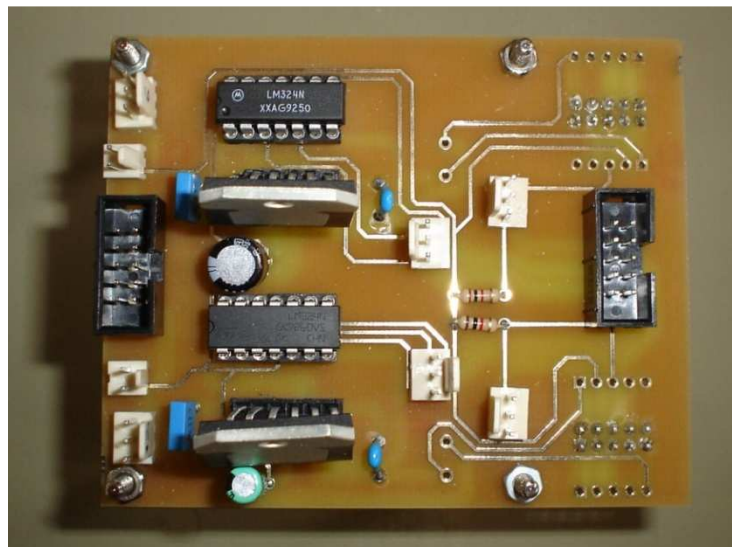


Ilustración 5.3.4: Placa de Drivers de potencia

Por ello se dotó a la placa de numerosas salidas y entradas utilizando diversos tipos de conectores, tanto molex como IDC, que permitirán un uso más cómodo y eficaz de la misma. [3]

Esta placa se encargará además de alimentar los encoders de los motores y comunicar al microcontrolador las señales emitidas por los mismos. Al unificar todos los componentes de los motores en una única placa logramos simplificar las operaciones de mantenimiento de la misma incluyendo zócalos de manera que si un componente fallaba se pudiera sustituir rápidamente por otro.

El diseño permite una conexión intuitiva de todos los elementos externos a la placa sin posibilidad de equivocación.

5.4 POSICIONAMIENTO EN EL DISPENSADOR VERTICAL

El posicionamiento en los dispensadores verticales es crucial para el éxito de la estrategia de nuestro robot, de tal manera que el dispensador debe quedar alojado en la abertura diseñada para tal efecto. Para conseguir un posicionamiento correcto en el dispensador se ha dotado al robot de unas ruedas de gomaespuma de libre revolución situadas en la zona superior de la abertura para el dispensador.

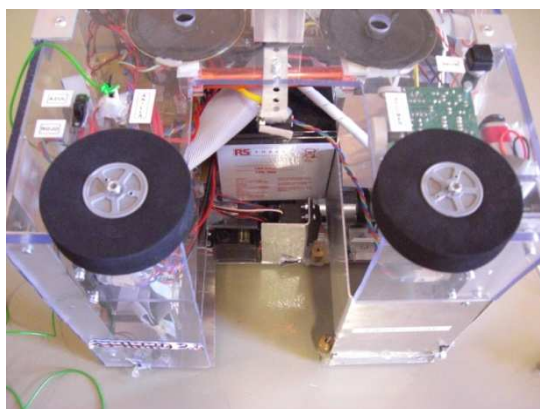


Ilustración 5.4.1: Ruedas de rotación libre para corrección de trayectoria

La función de estas ruedas consiste en corregir la trayectoria del robot cuando se acerca al dispensador, de tal forma que si su trayectoria no es la correcta para que el dispensador quede encajado en el robot, las ruedas corrigen la posible desviación ayudando a que el dispensador quede en la posición correcta para la recogida.

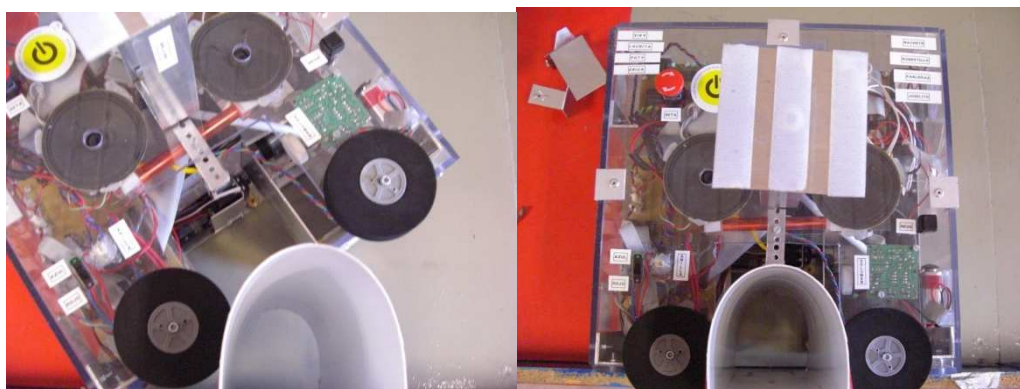


Ilustración 5.4.2: Corrección de la trayectoria gracias a las ruedas instaladas



CAPÍTULO 6:

SISTEMA DE CONTROL Y ALIMENTACIÓN

6.1 ELECTRÓNICA DE CONTROL

Un elemento clave en un robot es la unidad de control o sistema de control, el cual recibe y procesa la información suministrada por los sensores y la transmite las ordenes a los actuadores.

Este es el “cerebro” de nuestro robot que dotará de inteligencia necesaria para decidir la respuesta del robot antes distintas situaciones.

Nuestro sistema de control está compuesto principalmente por un microcontrolador, un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de realizar procesos lógicos programados previamente en el mismo. Estos dispositivos se compondrán básicamente de tres unidades funcionales: CPU, memoria y unidades de E/S.

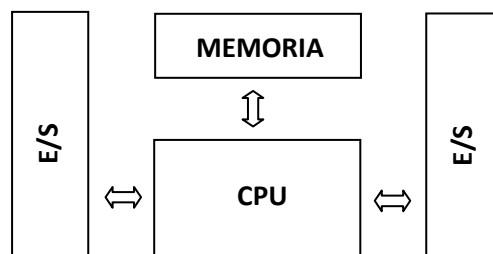


Ilustración 6.1.1: Diagrama de bloques de un microcontrolador

Los procesos lógicos a realizar por el microcontrolador se programan en un lenguaje de alto nivel que debe ser traducido a lenguaje máquina por un compilador antes de ser introducidos en la memoria del microcontrolador.

Dependiendo de la arquitectura y el modelo de Microcontrolador se podrán utilizar una serie de compiladores y entornos de programación, de tal manera que las arquitecturas más extendidas tendrán a su disposición un mayor número de aplicaciones para desarrollo.

Los diferentes tipos de microcontroladores podrán clasificarse en función de los siguientes parámetros:

- Por el número de bits empleado: 8, 16, 32.
- Por su arquitectura: 8051, 6800, ARM, AVR, PIC, Z80
- Por su fabricante: ARM, Atmel, Dallas, Intel, Microchip, Zilog, Parallax, Texas

El microcontrolador elegido en el que se basará el sistema de control del robot será un 8052 modelo DS89C450 proporcionado por Maxim/Dallas Semiconductor.

Las principales razones para esta elección son:

- Se trata de un microcontrolador con el que estamos familiarizados ya que hemos trabajado con él con anterioridad a lo largo de la carrera.
- Este modelo proporciona una gran facilidad de programación, permitiendo que esta se realice directamente en placa sin necesidad de utilizar placas adicionales para realizar la programación.
- Es un microcontrolador con varios modelos compatibles entre sí, por lo que un solo diseño de placa permite ser utilizada por diferentes microcontroladores
- No suponen ningún coste económico, ya que en la página web del fabricante se pueden pedir muestras gratuitas.

6.2 MICROCONTROLADOR 8052

El primer microcontrolador 8051 fue creado por Intel a comienzos de los años 80 como sucesor del 8048. A este primer modelo realizado con tecnología HMOS rápidamente le siguieron otros creados sobre su mismo núcleo hardware y software, aprovechando de esta manera la inversión realizada para su desarrollo y formando una familia con una gran diversidad de modelos que permitían al usuario el poder elegir el modelo que mejor se adaptase a las necesidades de su proyecto. [5]

El modelo DS89C450 fabricado por Dallas Semiconductor esta desarrollado con una arquitectura 8051 de alta velocidad, que le permite ejecutar instrucciones hasta 12 veces más rápido que un microcontrolador con arquitectura 8051 tradicional, llegando a alcanzar velocidades de reloj de hasta 33MHz. [26]



Ilustración 6.2.1: Encapsulado del microcontrolador DS89C450

Este modelo posee 64kB de memoria Flash divididos en dos módulos de 32kB utilizados para memoria de programa. Además cuenta con 1kB de memoria SRAM que puede ser utilizada como memoria de datos. [1]

Esta cantidad de memoria es más que suficiente para incluir en el microcontrolador toda la estrategia y el control necesario para desarrollar la prueba con garantías de éxito. [3]

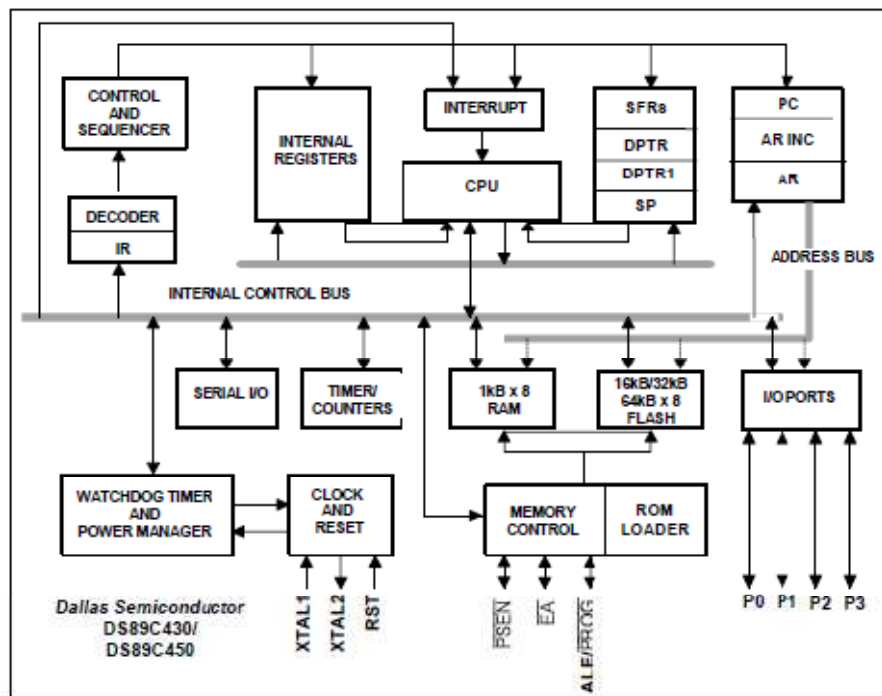


Ilustración 6.2.2: Diagrama funcional de bloques del microcontrolador DSC89C450

Está dotado de 4 puertos bidireccionales de Entrada/Salida de 8 bits cada uno, 3 timers de 16 bits, 2 puertos serie Full-Duplex, 1 timer Watchdog programable, 13 fuentes de interrupción (6 de las cuales son externas) y 5 niveles de prioridad de interrupción.

Además posee una programación de tipo “In-System” que se realizará a través del puerto serie.

Para esta tarea la placa de control incorpora unos integrados MAX232 que nos permitirán realizar la programación a través del puerto serie adecuando los niveles de tensión entre el microcontrolador y el puerto serie, como veremos posteriormente.

El microcontrolador se suministra en un encapsulado del tipo PDIP de 40 pines. La distribución de su patillaje se muestra en la siguiente ilustración:

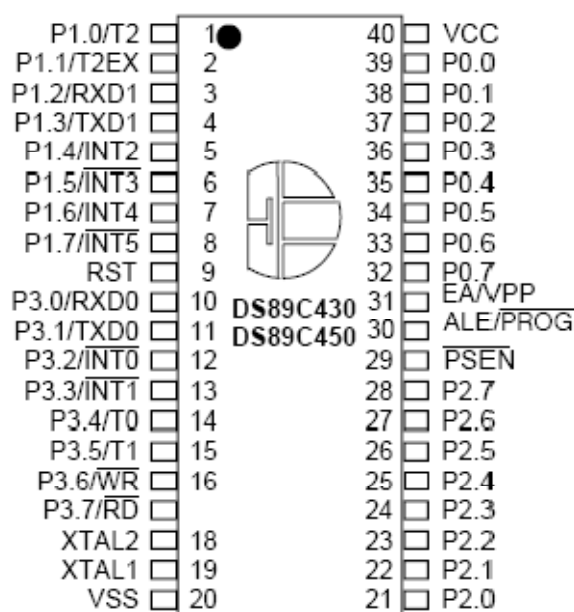


Ilustración 6.2.3: Configuración de los pines del microcontrolador DSC89C450

6.3 PLACAS DE CONTROL

Para el uso del microcontrolador DS89C450 se tuvo que desarrollar una placa de circuito impreso que sería la encargada de realizar el control del robot basándose en la información recogida por los sensores y en los procesos lógicos programados en el microcontrolador.

Esta placa se construyó de forma modular, de manera que si un componente fallaba se podía reemplazar con gran facilidad, proporcionando de esta manera una gran eficacia en las labores de mantenimiento y puesta a punto del robot.

Gracias a este diseño modular y a que el microcontrolador seleccionado es compatible con otros modelos, esta placa se podrá utilizar indistintamente con dichos modelos de microcontroladores permitiendo su reutilización para otras tareas.

En concreto en futuras pruebas de Eurobot de manera que no fuera necesario realizar un nuevo diseño. Por ello se facilitaron accesos a todos los puertos del microcontrolador tanto por conectores Molex como por un conector IDC de 34 pines, el cual además proporcionaba la alimentación necesaria para el funcionamiento de la placa de manera que esta pudiera operar conectando únicamente un cable plano al conector IDC.

La programación del microcontrolador se realizará sobre la misma placa a través de un conector DB9.

Para poder realizar esta programación se necesita implementar un hardware que consistirá, básicamente, en incluir un convertidor de niveles RS232 a TTL y un par de buffers triestado siguiendo el siguiente esquema de conexionado:

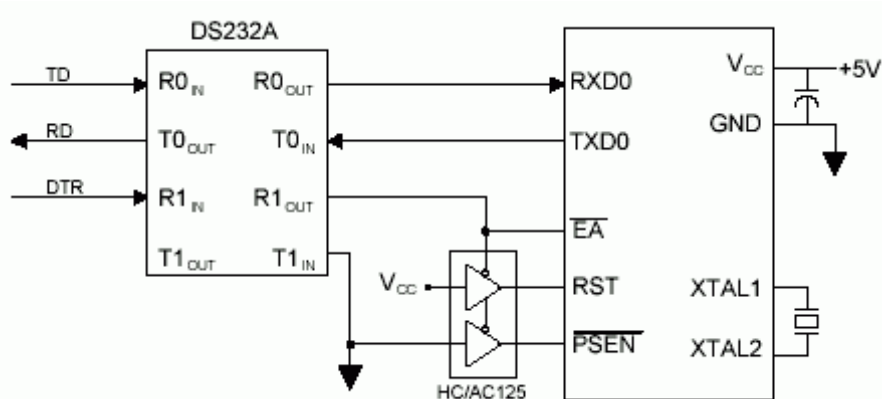


Ilustración 6.3.1: Esquema de conexionado para la programación del microcontrolador

La placa está equipada con un botón de *reset* asíncrono, se añadieron una serie de diodos leds indicadores de estado, la ausencia de iluminación nos indica una avería, o en el caso del diodo tricolor incorporado indica cuando la placa esta en modo de programación y cuando en modo ejecución.

Estos se incluyeron para comprobar su buen funcionamiento en todo momento y realizar un diagnostico de una manera rápida.

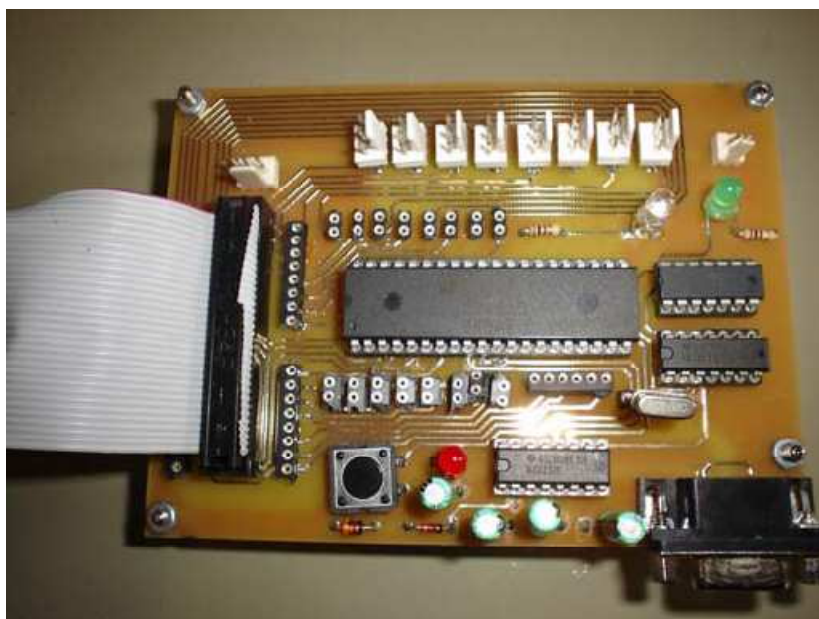


Ilustración 6.3.2: Placa de control

Uno de esos leds se encargara de informar sobre la alimentación de la placa, otro vigilará el buen funcionamiento del convertidor MAX232 y un último led indica si el microcontrolador se encuentra en modo de programación o en modo de ejecución.

El diseño de las placas se ha realizado mediante la herramienta de diseño electrónico asistido por ordenador utilizando el programa informático ORCAD,

intentando conseguir un diseño sencillo y eficaz que minimizase el espacio ocupado por la placa dentro del robot y facilitase su conexionado.

El reducido tamaño logrado en el diseño de las placas permitirá dotar al robot de varias de ellas en caso de necesitar una mayor capacidad de control. [3]

Concretamente se utilizaron dos placas de control, una de ellas controla el sistema de recogida de muestras: servos, sensores de contacto, etc. La otra controla el sistema locomotor del robot: motores, drivers, etc.

6.3.1 Convertidor de niveles MAX232

El convertidor de niveles utilizado es un MAX232. El MAX232 es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS-232 a niveles TTL y viceversa.

Lo interesante es que sólo necesita una alimentación de 5V, ya que genera internamente las tensiones que son necesarias para el estándar RS232.

Otros integrados que manejan las líneas RS-232 requieren dos voltajes, +12V y -12V.

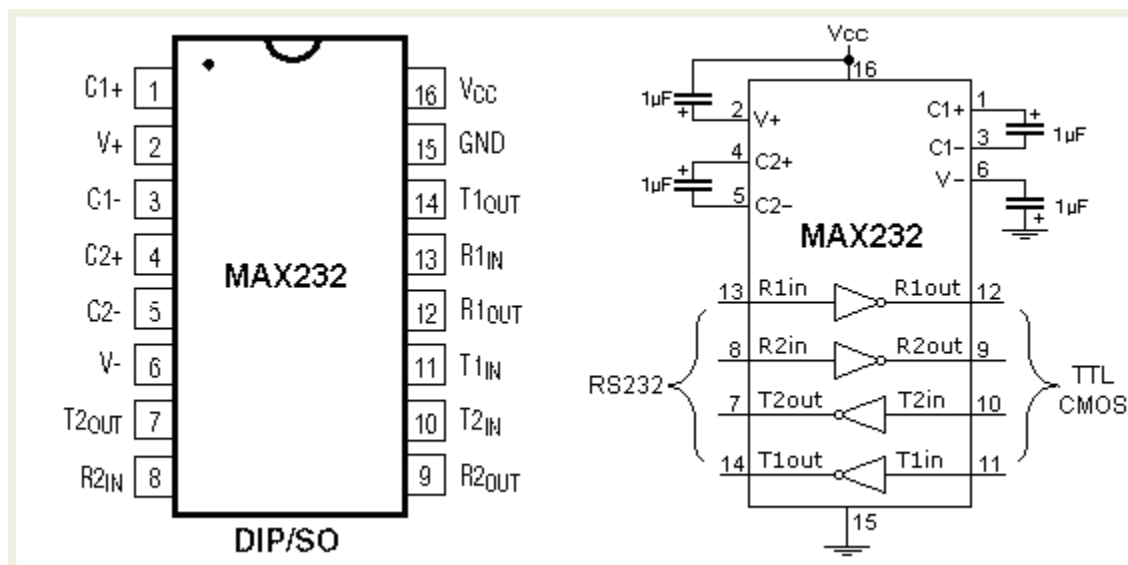


Ilustración 6.3.1.1: Circuito integrado MAX232

El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de un ordenador y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS. Este convertidor necesitará el siguiente acondicionamiento y conexionado para su correcto funcionamiento:

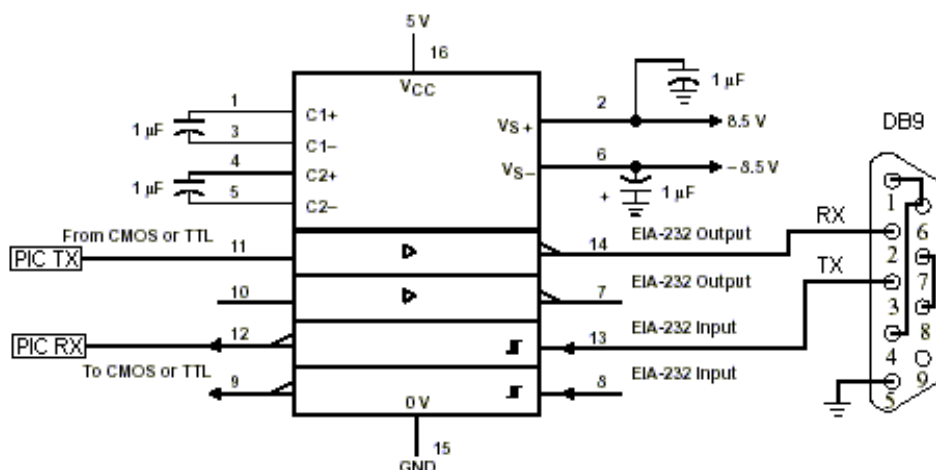


Ilustración 6.3.1.2: Esquema de acondicionamiento del integrado MAX232

El circuito integrado posee dos convertidores de nivel TTL a RS-232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS-232 a TTL. Estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS. TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos.

El cambio de modo programación a modo comunicación se realizará a través de la señal DRT. Al usar esta señal para cambiar de un modo a otro, el único modo de comunicación posible que podemos mantener esta configuración es el Null-Modem. El conexionado para configurar este modo comunicación es el mostrado en la siguiente ilustración:

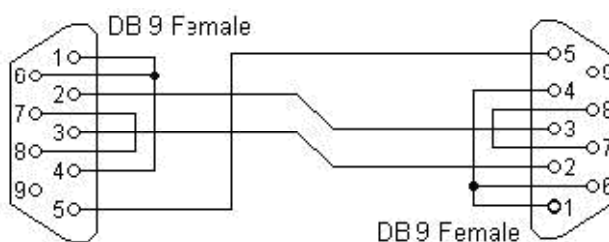


Ilustración 6.3.1.3: Mapa de conexionado Null-Modem

TD (Transmit Data)	Conector 1	Conector 2	Función	
RD (Receive Data)	1,4,6		DTR, CD, DSR	
RTS (Request To Send)		1,4,6		DTR, CD, DSR
CTS (Clear To Send)	2	3	RX	TX
SG (Signal Ground)	3	2	TX	RX
DSR (Data Set Ready)	5	5	GND	GND
DTR (Data Terminal Ready)	7,8		RTS, CTS	
CD (Carrier Detect)		7,8		RTS, CTS

6.4 BATERÍAS

El robot debe ser autónomo, lo que nos obliga a diseñar un sistema de alimentación que sea capaz de abastecer y dar energía al resto de sistemas del robot. El sistema de alimentación está compuesto de baterías y placas de potencia. Debemos escoger unas baterías adecuadas, por tanto estudiaremos las limitaciones impuestas por la normativa del concurso, así como las necesidades de nuestro robot para su pleno funcionamiento.

Si observamos la normativa del concurso podemos ver que nos indica:

- Está totalmente prohibido el uso de motores de explosión, motores de cohetes, pilas de hidrógeno, o cualquier otro tipo inflamable o pirotécnico, seres vivos y fuentes de energía radioactiva de cualquier tipo.
- Los equipos deberán ser capaces de poder jugar dos partidos seguidos sucesivamente.
- El robot deberá cumplir los estándares legales de “*bajo voltaje*”, por lo cual su voltaje nunca podrá exceder de 48 voltios.

Estas limitaciones deberán tenerse en cuenta a la hora de elegir la batería.

Tendremos en cuenta el consumo energético de nuestro robot que deberá abastecer nuestro sistema de alimentación. [3]

El sistema de alimentación deberá abastecer:

- Sistema sensorial
- Sistema locomotor
- Sistema de control
- Sistema de recogida y almacenamiento de muestras

De los sistemas antes mencionados el que requiere una mayor demanda de energía y por tanto a tener en cuenta a la hora de elegir una batería es el Sistema Locomotor ya que los motores tienen un consumo mayor que el resto de los sistemas.

Otro factor determinante en la elección de la batería es el tamaño y peso de la misma, ya que la batería se alojará en el interior del robot y deberá desplazarse con el peso de la misma añadido al resto del robot.

Después de evaluar todos los factores a tener en cuenta y las baterías disponibles, se optó por elegir la batería NP4-12RS, una batería de 12 voltios de tensión continua y que proporciona una corriente nominal de 4 amperios-hora, de plomo ácido de la marca Yuasa, cuyas prestaciones cumplen los requisitos pedidos.

Se optó por este modelo en especial, por su forma cúbica, ya que era idónea para el ajustarla en el interior del robot. Se adquirieron dos unidades ya que la normativa del concurso exige disponer de una de recambio.



Tensión nominal	Capacidad nominal	Tipo de terminal	Temperatura funcionamiento	Dimensiones	Peso
12V	4Ah	Lengüeta Faston 187//250	de 5 a 35°C	90x70x106mm	1,75kg

Ilustración 6.4.1: Características de la batería Yuasa NP4-12RS

Las propiedades de entrega de corriente y su duración hacen de las baterías de plomo ácido las hacen idóneas para nuestro robot, además su relación calidad precio es bastante buena. [1]

El inconveniente de este tipo de baterías es su tamaño y peso, de 1,75 Kg en nuestro caso. Este factor no es determinante ya que el peso adicional de la batería proporciona agarre y adherencia en el terreno de juego, aunque con una penalización de velocidad al aumentar el peso del robot.

Por este motivo es muy importante su adecuada colocación en el interior del robot, ya que una colocación incorrecta podría provocar variaciones en la trayectoria del robot, provocando desviaciones y cabeceos del mismo, más adelante veremos cómo se escogió el lugar en el que se instalará la batería, para disminuir estos efectos indeseados.

6.5 PLACAS DE POTENCIA

La misión de la placas de potencia será la de suministrar las tensiones que cada sistema necesita para su correcto funcionamiento. Los valores de tensión necesarios son 5, 6 y 12 Vcc, por tanto deberemos diseñar una serie dispositivos electrónicos capaces de suministra estas tensiones a partir de la batería.

Como la batería nos proporciona 12 voltios de corriente continua no necesitamos ningún dispositivo encargado de suministrar este voltaje ya que la batería ya lo proporciona.

Para los voltajes de 5 y 6 Vcc tendremos que diseñar dos placas de potencia independientes, una para cada voltaje. Para obtener 5 y 6 Vcc inicialmente se utilizaron reguladores de tensión lineales 7805 y 7806 respectivamente. [1]

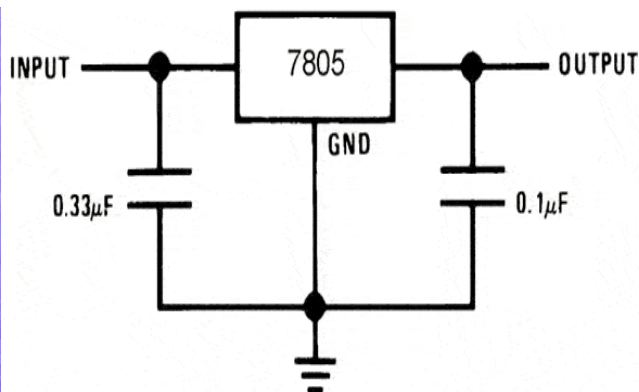
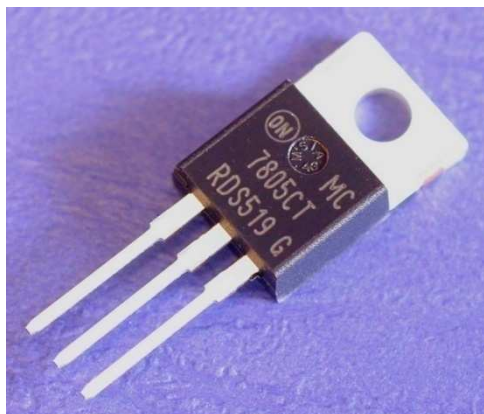


Ilustración 6.5.1: Regulador 7805 y un ejemplo de aplicación típico

Estos dispositivos reducen el nivel de tensión a unos valores fijos independientemente de la carga conectada. Estos reguladores son simples, disponen de tres pines de conexionado y su acondicionamiento es mínimo al necesitar únicamente un par de condensadores.

El inconveniente de estos reguladores reside en que disipan la mayor parte de la energía resultante de la conversión en forma de calor por tanto su rendimiento es muy bajo lo que implica un mayor consumo y unas pérdidas muy elevadas, reduciendo la duración de la batería.

Debido a estos inconvenientes se optó por buscar otro dispositivo más eficiente y de mejores prestaciones. La solución propuesta fue la utilización de un convertidor de corriente continua, concretamente un convertidor reductor (Buck). Este convertidor posee una alta eficiencia y autorregulación. Gracias a este convertidor se minimizaran las pérdidas en la conversión. [3]

Dicho convertidor se desarrolló a partir del regulador de voltaje LM2596T, el cual nos permite diseñar convertidores con un mínimo uso de componentes externos y con unas muy buenas prestaciones. Este componente permite implementar convertidores con tensiones de entrada de hasta 40 Vcc y valores de salida que van desde 1,2 hasta 37 Vcc. Además proporciona 3 A de corriente máxima y unos rendimientos muy altos a su salida.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Maximum Supply Voltage	45V
ON/OFF Pin Input Voltage	$-0.3 \leq V \leq +25V$
Feedback Pin Voltage	$-0.3 \leq V \leq +25V$
Output Voltage to Ground (Steady State)	-1V
Power Dissipation	Internally limited
Storage Temperature Range	-65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
ESD Susceptibility	
Human Body Model (Note 2)	2kV

Lead Temperature

S Package

Vapor Phase (60 sec.)

Infrared (10 sec.)

T Package (Soldering, 10 sec.)

Maximum Junction Temperature

$+215^{\circ}\text{C}$

$+245^{\circ}\text{C}$

$+260^{\circ}\text{C}$

$+150^{\circ}\text{C}$

Operating Conditions

Temperature Range

$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$

Supply Voltage

4.5V to 40V

Ilustración 6.5.2: Características del convertidor de potencia LM2596T

En las siguientes ilustraciones se puede apreciar el diagrama de bloque y conexionado el convertidor LM2596T, así como su encapsulado:

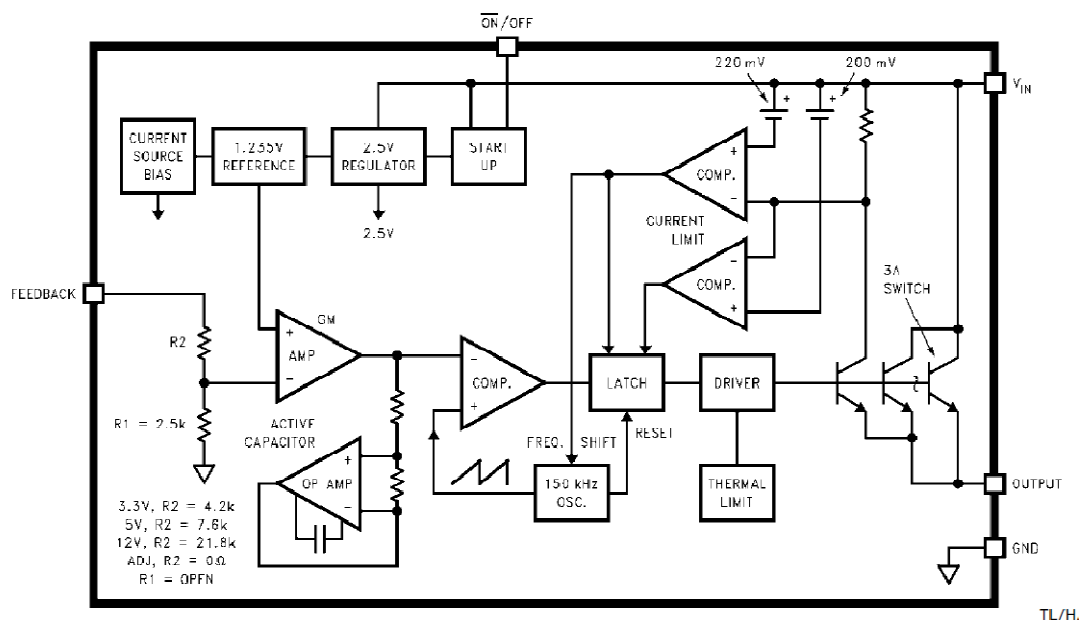
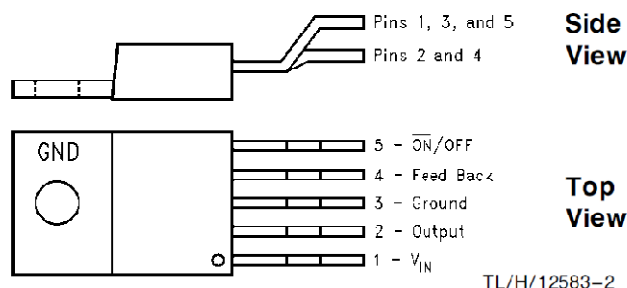


Ilustración 6.5.3: Diagrama de Bloques del convertidor de potencia LM2596T

Bent and Staggered Leads, Through Hole Package 5-Lead TO-220 (T)



Order Number LM2596T-3.3, LM2596T-5.0,
LM2596T-12 or LM2596T-ADJ
See NS Package Number T05D

Ilustración 6.5.4: Encapsulado del convertidor de potencia LM2596T

Como se ha comentado antes necesitamos dos niveles de tensión distintos por los que tendremos que diseñar dos convertidores uno para cada nivel del tensión. Para ello se siguieron las indicaciones ofrecidas en las hojas de características del componente, implementando el siguiente circuito para conseguir una tensión regulada de 5 Vcc.

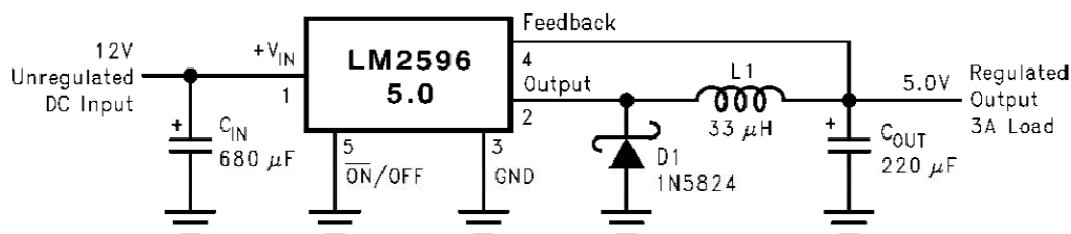


Ilustración 6.5.5: Circuito convertidor reductor de 12 Vcc a 5 Vcc

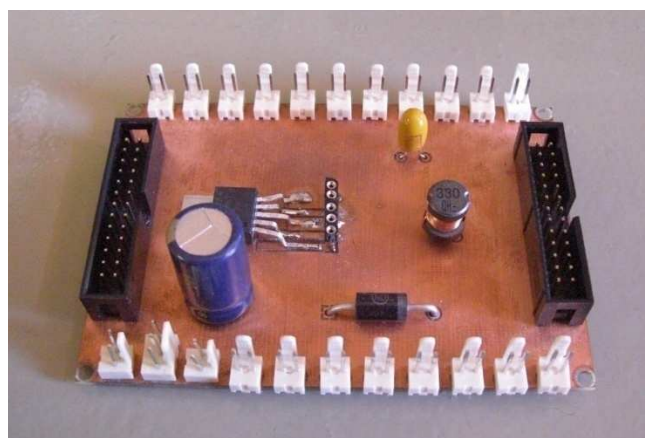


Ilustración 6.5.6: Placa de potencia

El circuito responsable de suministrar 6 Vcc varia ligeramente con respecto al anterior para su implementación es necesario realizar unos cálculos que nos indicarán el valor adecuado para cada uno de los componentes, siguiendo el procedimiento de diseño indicado en las hojas de características el circuito resultante es el siguiente:

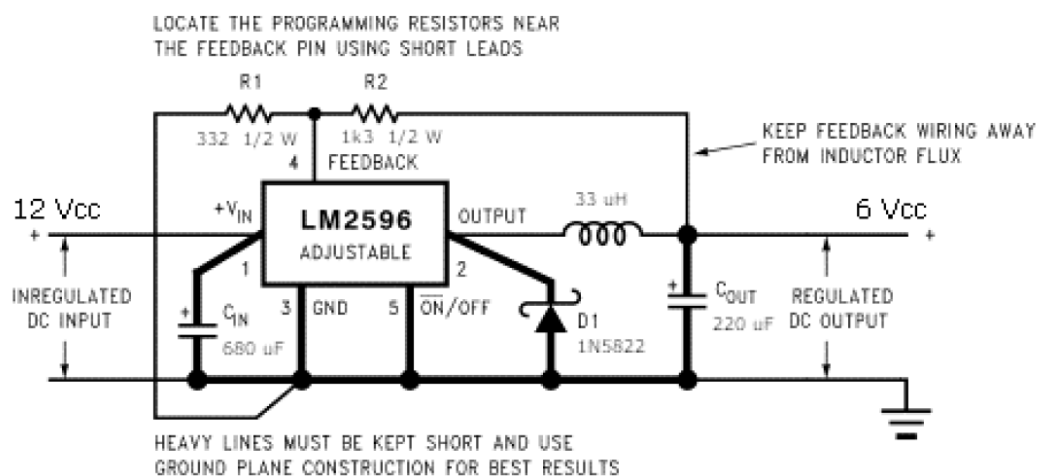


Ilustración 6.5.7: Circuito convertidor reductor de 12 Vcc a 6 Vcc

Ambas placas han sido diseñadas con posibles aplicaciones futuras, por ello se ha equipado a las placas con numerosas salidas divididas en conectores de 2 pines y conectores IDC de 26 pines, que ofrecen tanto voltaje de 12 Vcc directo de la batería así como las tensiones reguladas de 5 y 6 Vcc.

En el diseño de las placas se tuvieron en cuenta las hojas de características del LM2596T, usando pistas anchas, rutando el plano de masa por las dos capas y situando los componentes lo más cercanos posibles al circuito integrado LM2596T. Además se situaron las entradas y salidas a lo largo de los bordes de la placa, facilitando su uso, de esta forma se ganará accesibilidad a la placa una vez situada en su posición final dentro del robot.

Adicionalmente, por normativa el robot debe poseer un sistema de apagado de emergencia accesible. Este consta de un interruptor en forma de seta que interrumpe la alimentación de las placas de potencia al resto de sistemas, que dando el robot apagado completamente.

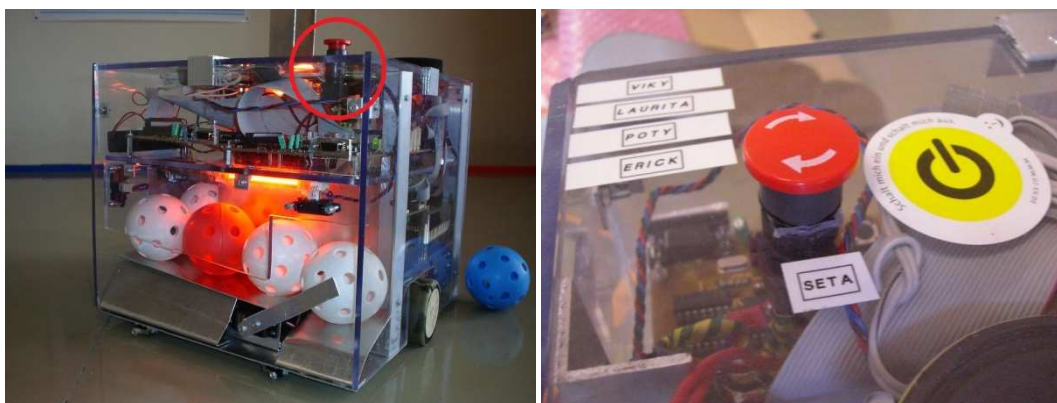


Ilustración 6.5.8: Situación de la seta



CAPÍTULO 7:

ESTRATEGIA Y PROGRAMACIÓN

7.1 ESTRATEGIA ELEGIDA

Desde el primer momento la estrategia elegida se centraba en la recogida de las muestras de los dispensadores verticales para después depositarlas en los contenedores estándar situados en el extremo del tablero de juego.

La estrategia se optimizó de manera que en 90 segundos, que dura el partido, el robot fuera capaz de recoger y depositar las muestras del máximo número de muestras albergadas en los dispensadores verticales del terreno de juego. [3]

Estudiando con detenimiento la normativa de la prueba se observó un detalle, y es que las muestras de nuestro color puntuaban en cualquier zona del contenedor estándar, no teniendo la necesidad de dejarlas en la zona de nuestro color, por tanto se decidió que la mejor solución sería depositarlas en el lado del equipo contrario evitando de esta manera desplazamiento innecesario y ganando rapidez en la descarga de las primera cinco muestras, además de esta manera disminuiría el espacio disponible en el contenedor del equipo rival.

Una vez las primera cinco muestras hayan sido descargadas en el contenedor estándar, el siguiente objetivo serían los dispensadores de muestras de hielo, empezando por el más cercano a nuestra posición, recogiendo estas muestras y depositándolas en nuestra zona del dispensador estándar. Posteriormente, nos dirigiríamos al siguiente dispensador vertical de muestras de hielo, recogiendo y depositando las muestras que este albergara.

Las trayectorias elegidas para realizar esta estrategia nos permiten, en el tiempo de 90 segundos que dura un partido, recoger y seguidamente depositar en el contenedor estándar, todas las muestras de los tres dispensadores disponibles consiguiendo así un máximo de 20 puntos en el marcador.

Según el color que nos tocara al inicio del encuentro se desarrollaron dos estrategias una para cada color. Una vez conocido el color con el que participará el robot, la estrategia se elige mediante un conmutador situado en la tapa superior del robot de manera rápida y sencilla. Este conmutador está conectado a un puerto del microcontrolador, facilitando la elección de la subrutina correspondiente para cada color.



Ilustración 7.1.1: Detalle del conmutador de color

7.2 ESTRATEGIA EQUIPO ROJO

A continuación vemos una ilustración en la que se observa claramente la estrategia seguida:

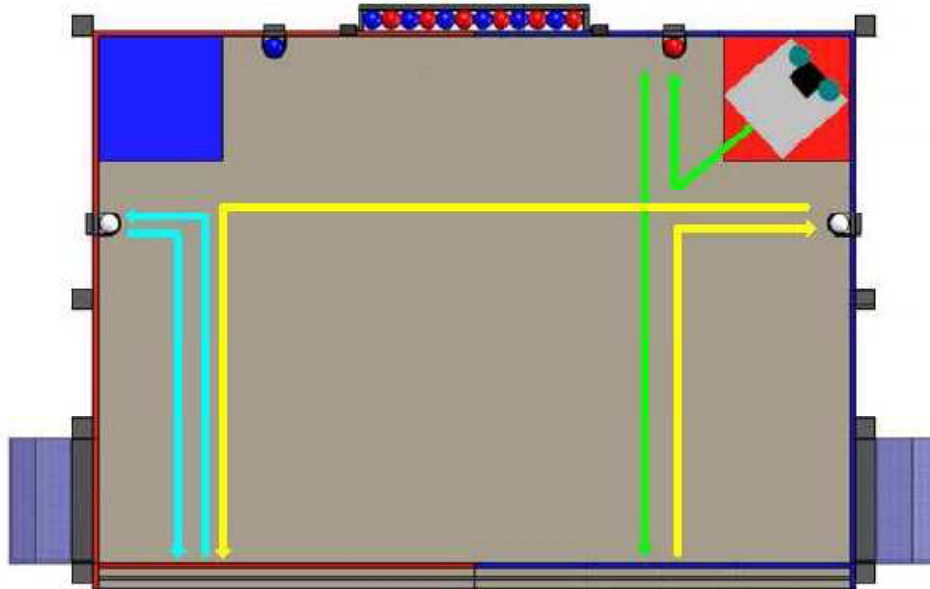


Ilustración 7.2.1: Estrategia equipo rojo

7.3 ESTRATEGIA EQUIPO AZUL

La estrategia del equipo azul es simétrica a la del equipo rojo a continuación podemos observarla:

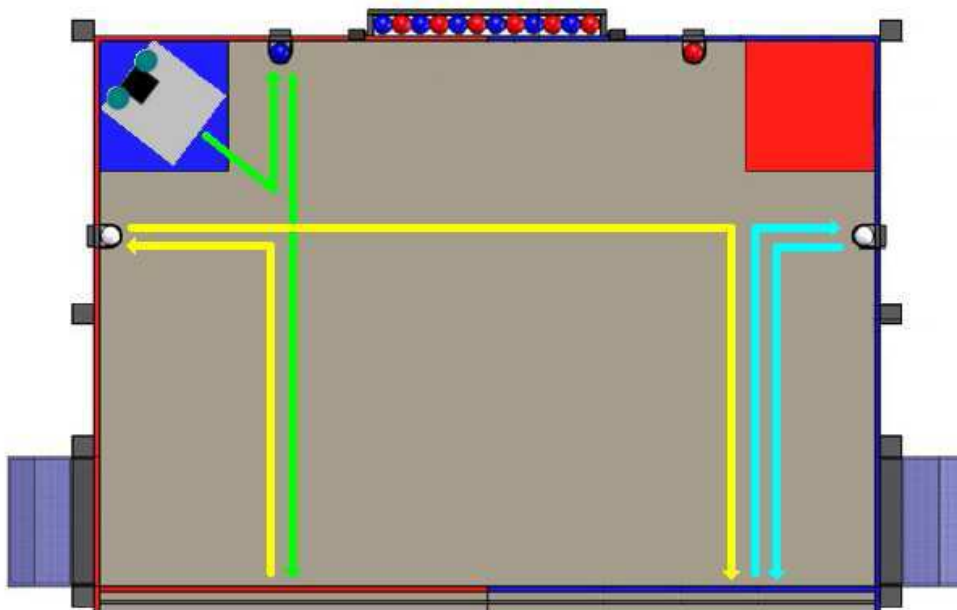


Ilustración 7.3.1: Estrategia equipo azul

7.4 ESTRATEGIA DE EVASIÓN

La normativa exige un sistema para evitar colisiones con los robots contrarios, por esta razón se estudió cual sería la mejor estrategia para poder evitar a un contrario.

El resultado fue el siguiente se estudiaron dos posibilidades un cruce de trayectorias con un contrario, o la posibilidad que el contrario haya quedado fuera de combate y permanezca inmóvil. También se estudió en que desplazamientos habría mayor probabilidad de que se produjera un cruce con un contrario. [3]

A continuación se explica la estrategia de evasión elegida mediante unos esquemas aclaratorios.

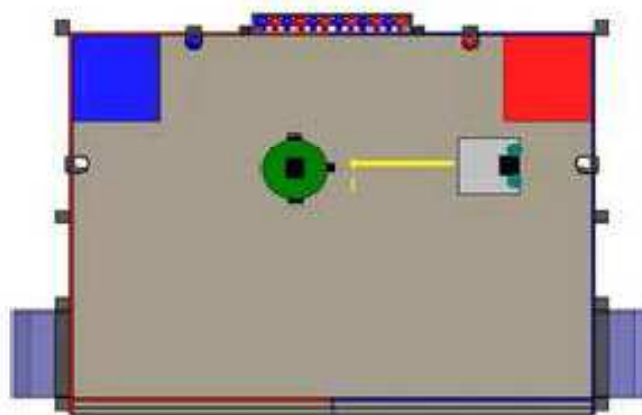


Ilustración 7.4.1: Esquema estrategia evasión 1

En el transcurso de la rutina de movimientos del robot, este se puede encontrar con un rival. Si el oponente atraviesa la trayectoria de nuestro robot siendo detectado por los sensores infrarrojos se iniciará la secuencia de evasión.

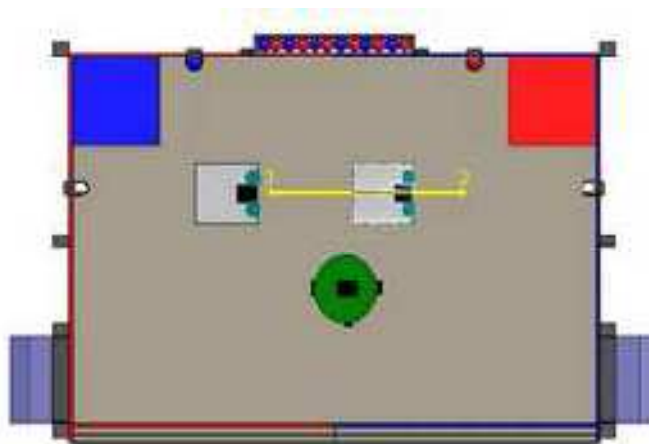


Ilustración 7.4.2: Esquema estrategia evasión 2

En el caso de que un rival sea detectado, nuestro robot retrocederá cierta distancia (punto 2) y avanzará nuevamente, en el caso de que el rival haya abandonado la trayectoria de nuestro robot continuará su trayectoria sin problemas (punto 3).

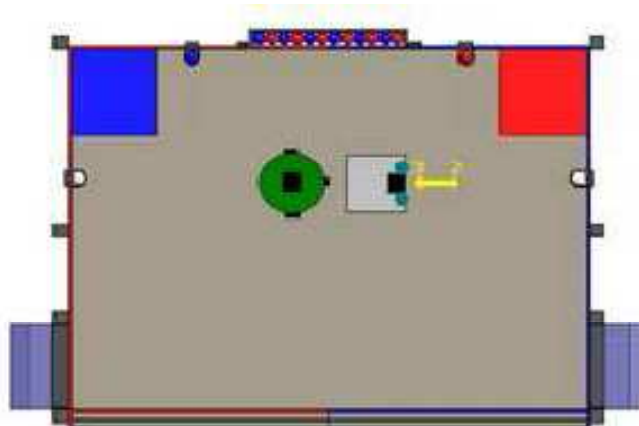


Ilustración 7.4.3: Esquema estrategia evasión 3

En el caso de que el rival permaneciera en el mismo lugar, al avanzar nuestro robot volvería a detectarlo (punto 3) entorpeciendo su trayectoria, en este caso nuestro robot iniciará unos movimientos para tratar de rodearlo. [3]

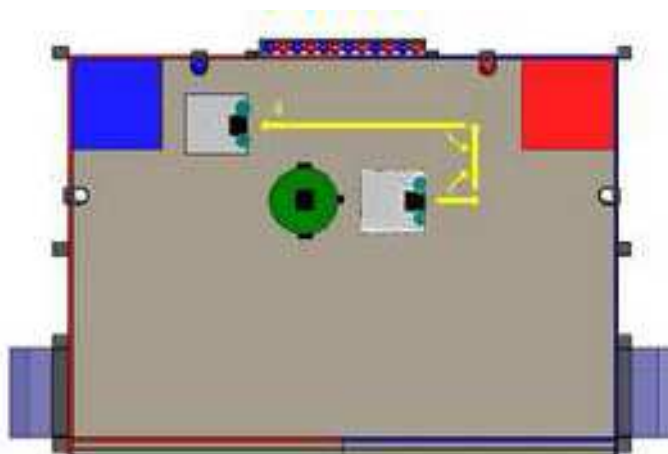


Ilustración 7.4.4: Esquema estrategia evasión 4

Para tratar de esquivar al contrario el robot cambiará su ruta de movimiento original, intentando desviarse de la misma lo menos posible. Así el robot retrocederá y girará dos veces para trazar una trayectoria paralela a la original. [3]

7.5 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

La programación del microcontrolador se realiza en un lenguaje de alto nivel, en nuestro caso hemos elegido el lenguaje C, ya que es un lenguaje ampliamente utilizado, además poseemos experiencia a lo largo de la carrera con este lenguaje de programación.

Breve historia del lenguaje C

El lenguaje C nació alrededor de 1970 como una derivación de los lenguajes BCPL y B. El BCPL (Basic Combined Programming Language) fue diseñado en la universidad de Cambridge en 1966. El lenguaje B fue una simplificación de BCPL, desarrollado en los laboratorios Bell. El lenguaje B se considera el predecesor de C, este último nacido en 1969.

El lenguaje C fue desarrollado para ser usado como lenguaje de programación de sistemas. En un principio, fue usado para desarrollar el sistema operativo UNIX. En la actualidad, la mayoría de los sistemas operativos están escritos en C o C++.

Debido al gran uso que ha tenido C, durante algún tiempo se derivaron diversas versiones lo que generó incompatibilidades. Para solucionar esto, en 1989 nace ANSI C, el cual fue un estándar definido por ANSI para el lenguaje C. Este es la versión de C más utilizada. Sin embargo, actualmente existe otra nueva conocida como C99, que fue la versión que ANSI aprobó en 1999.

C es un lenguaje de programación de propósito general, cuyas principales características son:

- Programación estructurada
- Economía de las expresiones
- Abundancia en operadores y tipos de datos
- Codificación de alto y bajo nivel simultáneamente
- Reemplaza ventajosamente a la programación en ensamblador
- Utilización natural de las funciones primitivas del sistema
- No está orientado a ninguna área especial
- Producción de código objeto altamente optimizado
- Facilidad de aprendizaje

Quizá la principal ventaja de C sea que dispone de características de lenguajes de bajo y alto nivel. Es considerado como un lenguaje débilmente tipado de medio nivel pero con muchas características de bajo nivel.

Dispone de las estructuras típicas de los lenguajes de alto nivel pero, a su vez, dispone de construcciones del lenguaje que permiten un control a muy bajo nivel. Los compiladores suelen ofrecer extensiones al lenguaje que posibilitan mezclar código en ensamblador con código C o acceder directamente a memoria o dispositivos periféricos. Lo que lo hace ideal para desarrollar programas que requieran de alto desempeño y optimización. [28]

7.6 ENTORNO DE PROGRAMACIÓN

μ Vision

La principal herramienta de programación fue el programa μ Vision, que nos permite desarrollar programas en lenguaje C. Este programa en lenguaje C es traducido a ensamblador por el compilador que crea un fichero con una extensión .HEX. Este fichero es el que se usará para ser introducido en el microcontrolador a la hora de programarlo.

El programa μ Vision es una herramienta de trabajo muy potente, ya que incluye un simulador del propio microcontrolador. Gracias a este simulador se puede probar el funcionamiento del programa sin necesidad de cargarlo en el micro, lo que permite ahorrar tiempo al no tener que programar el microcontrolador y luego probarlo.[1]

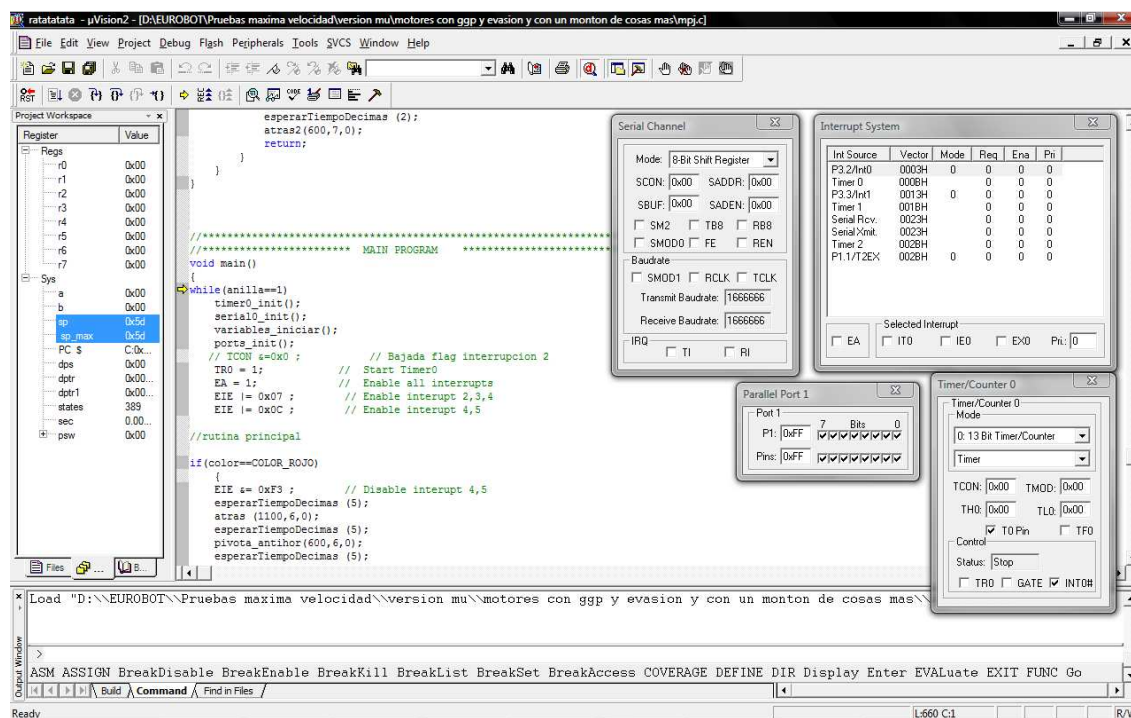


Ilustración 7.6.1: Detalle del programa μ Vision

MTK2

Este sencillo programa permite tanto programar el microcontrolador con el fichero generado por el compilado como comunicarse con el microcontrolador una vez ya ha sido programado y así controlar la evolución del programa desde el PC.

Esta es una herramienta muy útil ya que nos permite monitorear en todo momento la evolución del programa que se está ejecutando en el microcontrolador para así detectar cualquier fallo en la programación. La programación del microcontrolador se realiza a 9600 baudios y la comunicación a 57600 baudios. [1]

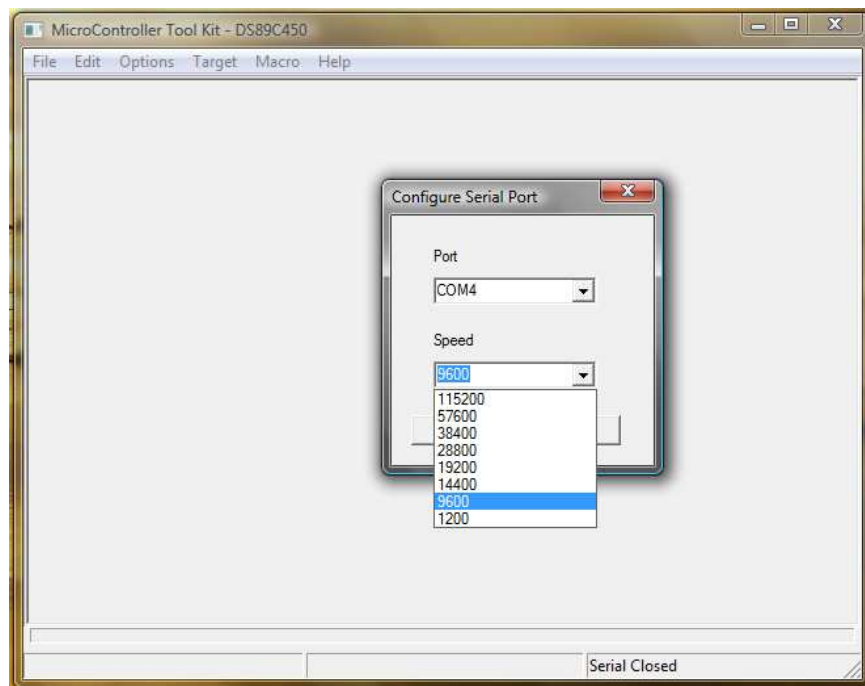


Ilustración 7.6.2: Detalle del programa MTK2

7.7 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL

Al optar por incorporar dos placas de control supone que debemos desarrollar dos algoritmos de control uno encargado de la recogida y descarga de muestras, y el otro gestionará el desplazamiento del robot.

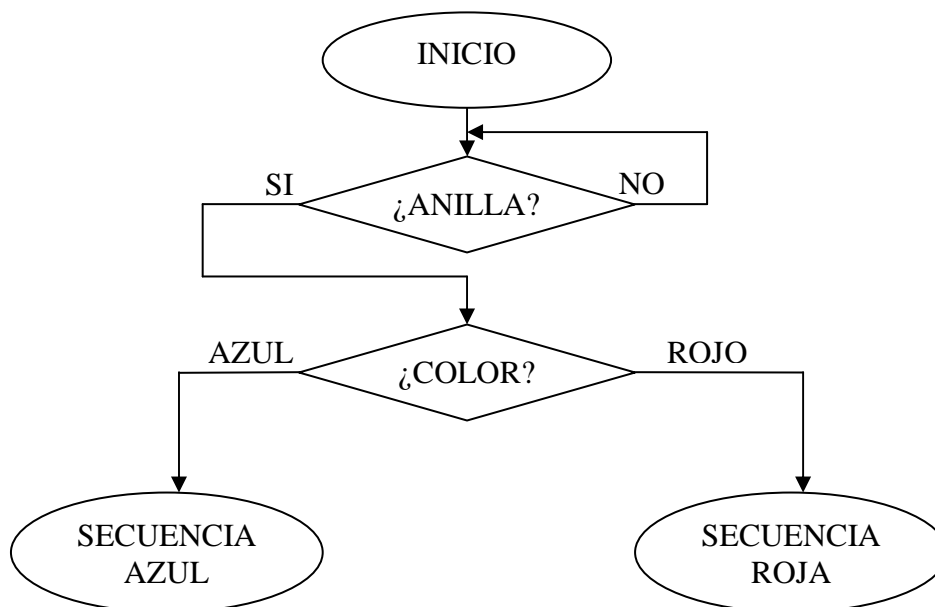
7.7.1 Diagramas de Flujo

A continuación analizaremos el algoritmo de control de los motores.

PROGRAMA PRINCIPAL.

La secuencia que realiza el programa es la siguiente:

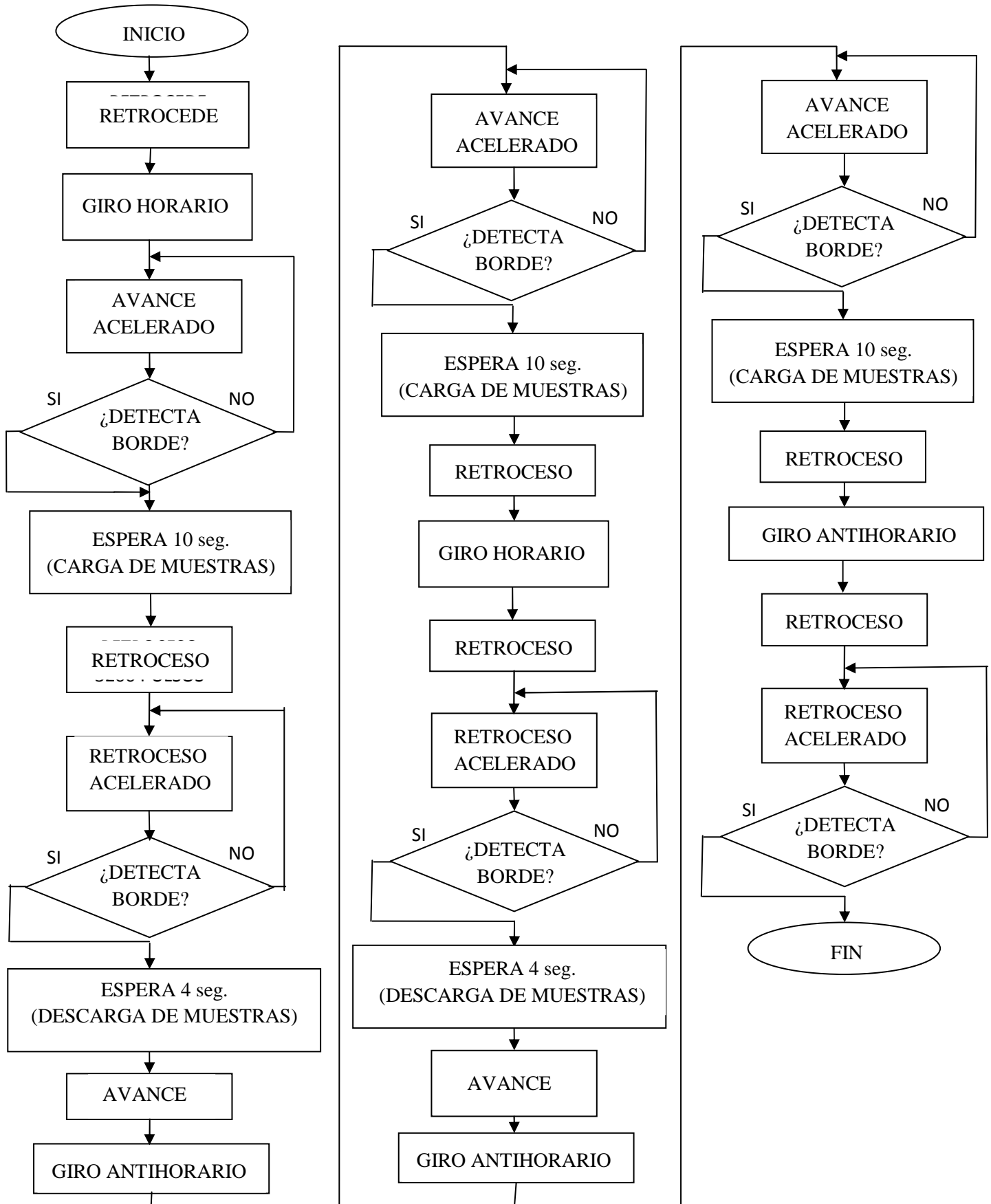
- Espera parado hasta que se accione la señal de la anilla
- Dependiendo del color seleccionado ejecuta la subrutina roja o azul.

Diagrama de flujo del programa principal:**SUBROUTINA EQUIPO ROJO**

A continuación veremos el diagrama de flujo de la subrutina de color rojo, esta subrutina seguirá la siguiente secuencia:

- Situar el robot en el dispensador vertical, de muestras rojas, situado a la derecha de la zona de salida y recolectar 5 muestras de color rojo.
- Desplazarse hasta la zona del contenedor estándar que está situada justo en frente del dispensador en el que se encuentra el robot y depositar las muestras.
- Colocar el robot en el dispensador vertical, de muestras de hielo, situado a la izquierda de la zona de salida y recolectar las 5 muestras de color blanco.
- Desplazarse hasta el contenedor estándar situado en el lado opuesto a la zona de salida y depositar las muestras.
- Situar el robot en el dispensador vertical, de muestras de hielo, colocado a la derecha de la zona de salida del equipo contrario y recolectar las 5 muestras de color blanco.
- Desplazarse hasta el contenedor estándar situado en el lado opuesto a la zona de salida y depositar las muestras.

Diagrama de flujo de la subrutina equipo rojo del robot:

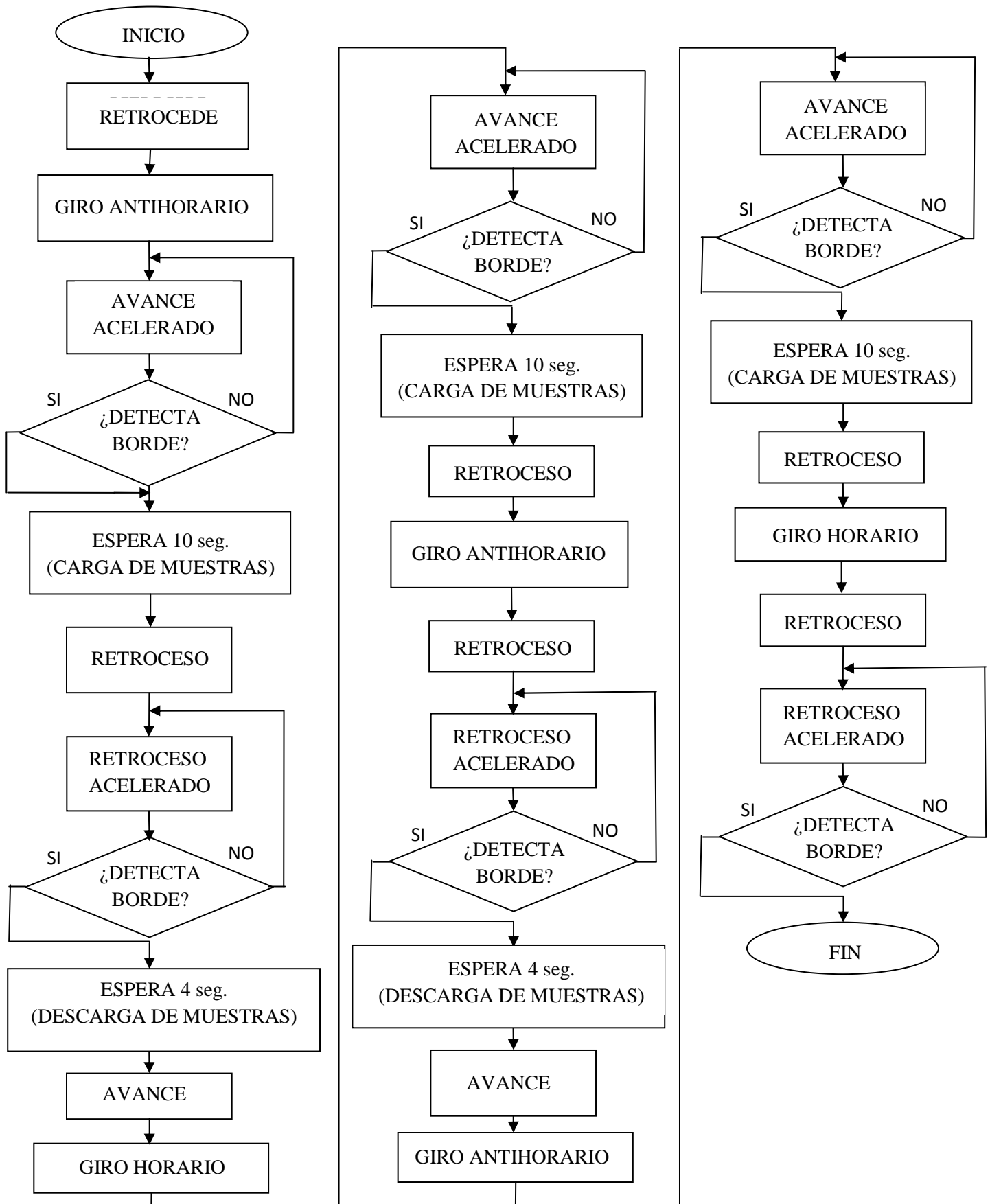


SUBROUTINA EQUIPO AZUL

A continuación veremos el diagrama de flujo de la subrutina de color azul, esta subrutina seguirá la siguiente secuencia:

- Situar el robot en el dispensador vertical, de muestras azules, situado a la izquierda de la zona de salida y recolectar 5 muestras de color azul.
- Desplazarse hasta la zona del contenedor estándar situada justo en frente del dispensador en el que está el robot y depositar las muestras.
- Colocar el robot en el dispensador vertical de muestras de hielo situado a la derecha de la zona de salida y recoger las 5 muestras de color blanco.
- Desplazarse hasta el contenedor estándar situado en el lado opuesto a la zona de salida y depositar las muestras.
- Situar el robot en el dispensador vertical, de muestras de hielo, colocado a la izquierda de la zona de salida del equipo contrario y recolectar las 5 muestras de color blanco.
- Desplazarse hasta el contenedor estándar situado en el lado opuesto a la zona de salida y depositar las muestras.

Diagrama de flujo de la subrutina equipo rojo del robot:

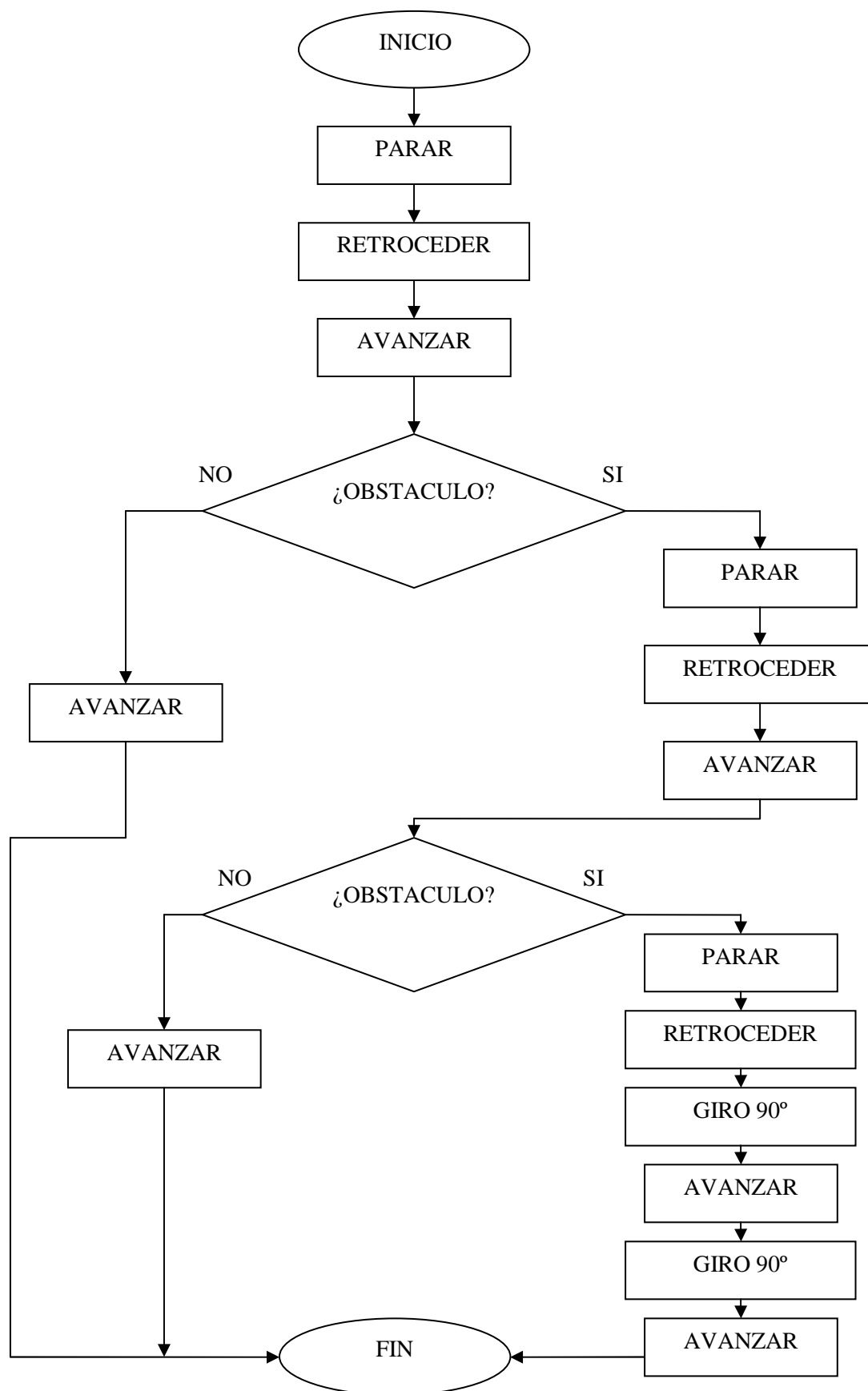


SUBROUTINA DE EVASIÓN

En caso de que el robot detecte un rival en medio de su trayectoria, al recibir la señal de los sensores el programa salta automáticamente a esta subrutina, la ejecuta y vuelve al punto del programa donde había saltado.

La secuencia que sigue el programa en esta subrutina es:

- Parar los motores.
- Retroceder.
- Avanzar en busca del obstáculo.
- Si no detecta obstáculo retoma la trayectoria inicial.
- Si encuentra el obstáculo vuelve a parar los motores, retroceder, y avanzar de nuevo intentando detectar nuevamente el obstáculo.
- En caso de no encontrarlo continua su trayectoria inicial.
- En caso de detectar nuevamente el obstáculo, retrocederá, y realiza un movimiento de evasión a base de un par de giro para trazar una trayectoria paralela a la inicial.

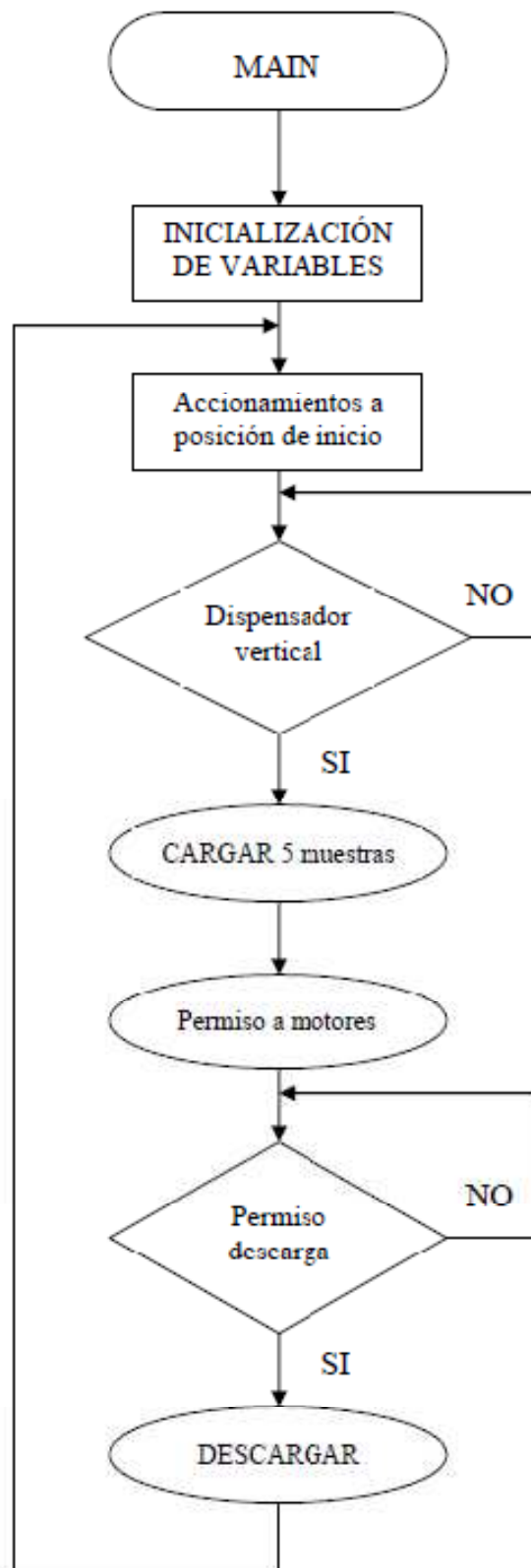
Diagrama de flujo de la subrutina evasión:

Ahora analizaremos la secuencia del algoritmo de recogida de muestras.

PROGRAMA PRINCIPAL

La secuencia de ejecución que realiza el microcontrolador es la siguiente:

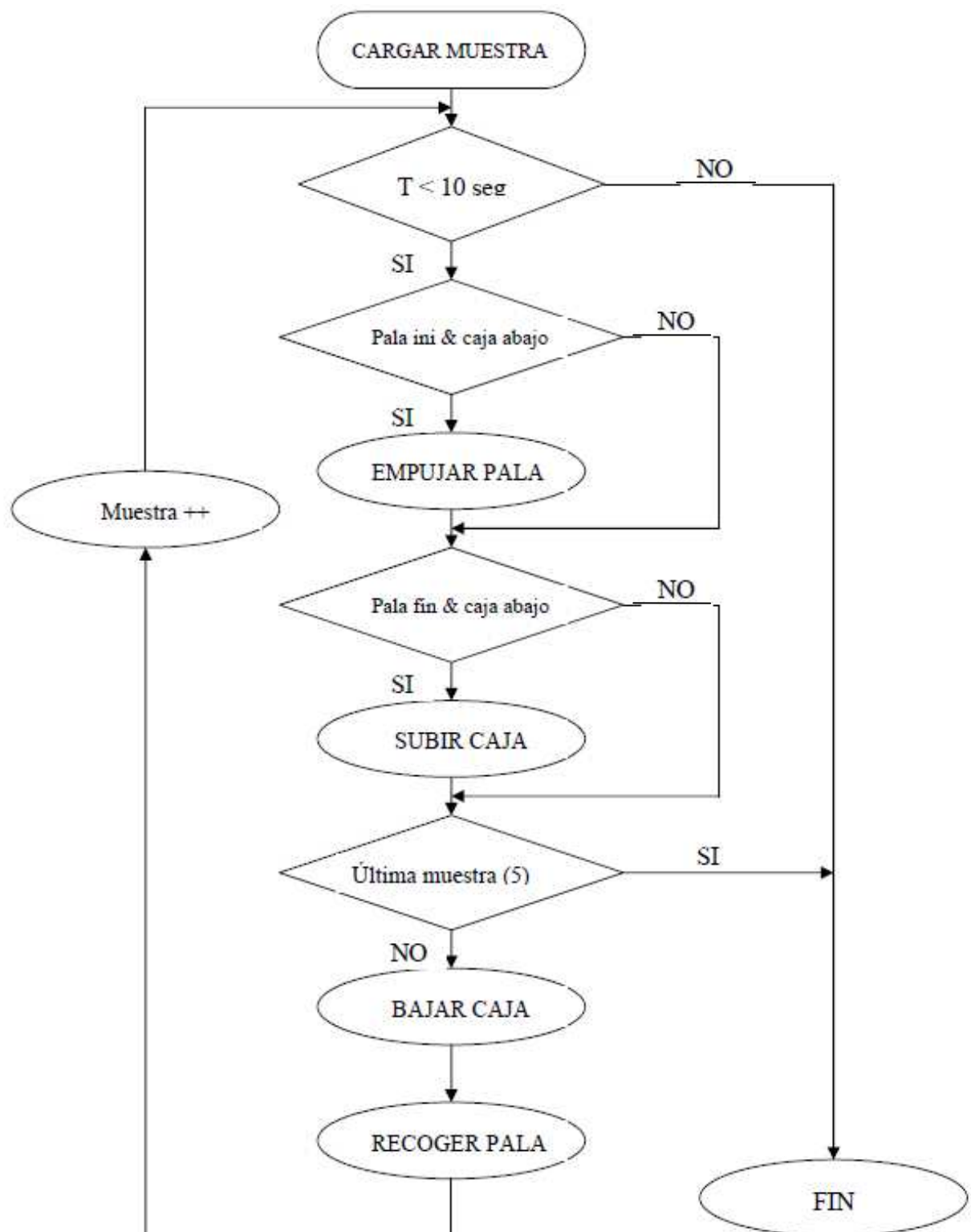
- Inicialización de variables.
- Llevar los accionamientos a posición de inicio.
- Preguntar si nos encontramos en el dispensador vertical.
 - Sí: continuar secuencia.
 - No: volver a preguntar.
- Cargar 5 muestras (en caso de fallo se saldrá de esta función por tiempo a los 10 segundos)
- Activar el permiso al controlador de los motores para ir a la zona de descarga.
- Preguntar si nos encontramos en la zona de descarga.
 - Sí: continuar secuencia.
 - No: volver a preguntar.
- Descargar muestras.
- Repetir la secuencia sin inicializar las variables (se resetean por programación en caso necesario).

Diagrama de flujo del programa principal:

SUBROUTINA DE CARGA DE MUESTRAS

La secuencia de ejecución de la subrutina es la siguiente:

- Comprobar tiempo máximo para la carga de muestras.
 - Sí: continuar secuencia.
 - No: salir rutina de carga de muestras.
- Preguntar si se cumple la condición: pala inicio y caja abajo.
 - Sí: continuar secuencia.
 - No: saltarse la ejecución: empujar pala.
- Empujar pala.
- Preguntar si se cumple la condición: pala fin y caja abajo.
 - Sí: continuar secuencia.
 - No: saltarse la ejecución: subir caja.
- Subir caja.
- Preguntar si se han cargado 5 muestras.
 - Sí: salir rutina de carga de muestras.
 - No: continuar secuencia.
- Bajar caja.
- Recoger pala.
- Incrementar número de muestra.
- Repetir la secuencia.

Diagrama de flujo de la subrutina de carga de muestras:



CAPÍTULO 8:

DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS, CABLEADO Y PLACA INTERMEDIA

8.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS

La distribución de los sistemas en el interior del robot se diseñó pensando en optimizar el espacio lo máximo posible. Partimos de la base del robot que tiene la forma que se muestra a continuación:

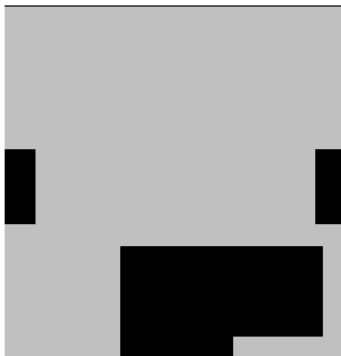


Ilustración 8.1.1: Base del robot

Los motores estarán situados en medio de la base de manera que casi se toquen entre sí dividiendo la base del robot en dos partes.

En la parte delantera, en la que está el hueco para la caja, irán instalados: el servo de la pala, con la pala conectada; el servo de la caja, con la caja conectada a este, y los sensores de contacto tanto de la caja como de la pala. Estos servos estarán fijados a la base del robot gracias a unos encapsulados de aluminio diseñados especialmente para albergar el cuerpo de los servos y poder fijarlos a la base del robot mediante tornillos.

En la parte trasera se instalará la rampa de almacenamiento y el servo para la barrera de la puerta de salida, al igual que los servos anteriores este también se fija a la base con un encapsulado específico. Una vez colocada toda la parte mecánica, se decidió diseñar un sistema de escalones o pisos en los que se colocaría toda la electrónica. Para conseguirlo se colocaron placas de policarbonato extruido sobre las partes mecánicas. Así se consiguieron dos niveles diferenciados.



Ilustración 8.1.2: Dos niveles para colocar la electrónica

En el nivel inferior, se decidió colocar las placas de potencia y la de drivers, la razón de esto se debe a la forma de las placas y para disminuir el cableado intentado que se encontrarán lo más cercanas posible de los motores.

El sistema de control, formado por las dos placas de microcontroladores, se colocó en el nivel superior, como detalle cabe destacar que a la hora de colocar las paredes del robot se optó por colocar los conectores DB9 hacia la pared y practicar un orificio que permitiera conectar directamente y de manera rápida un cable para la programación sin tener que abrir el robot.

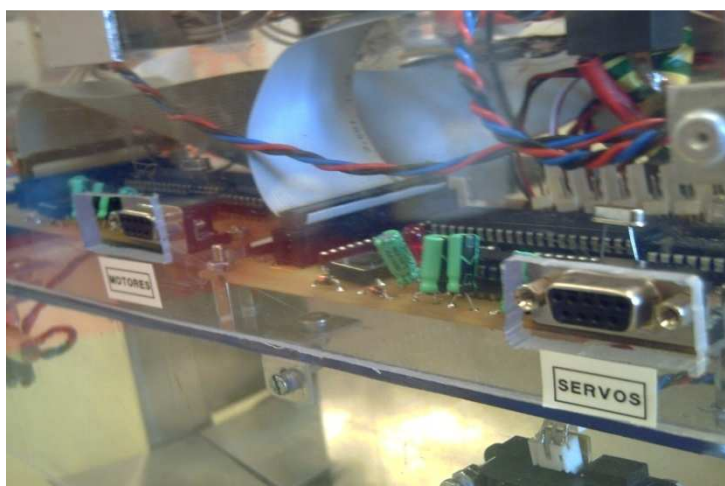


Ilustración 8.1.3: Sistema de control en el nivel superior con acceso directo a conexión para programación

La colocación de la batería, es un tanto delicada ya que es un elemento muy pesado con respecto al resto de elementos del robot. El lugar escogido para su colocación fue el centro geométrico de la base del robot apoyada sobre los motores, lo más abajo posible.

De este modo intentamos disminuir el centro de gravedad del robot y mantener un comportamiento simétrico en ambos sentidos de giro, además el peso añadido ayudará a mejorar la tracción de las ruedas.

Para facilitar el cambio de batería se mantuvo esta zona abierta, de manera que el cambio de batería fuera rápido y no alterase ninguna instalación del robot.



Ilustración 8.1.4: Posición de la batería en el robot

8.2 CABLEADO Y CONEXIONADO

Debido a las numerosas conexiones que hay que realizar entre las diferentes placas ya sea para transmisión de potencia o de señales, se intentó buscar un sistema que facilitara el conexionado y a la vez evitara errores de conexionado.

Para optimizar el cableado se ha utilizado cable plano y conectores IDC de 10, 26 y 34 pines en muchas de sus conexiones. El resto de las conexiones se ha realizado con conectores molex de 2 y 3 pines. [3]

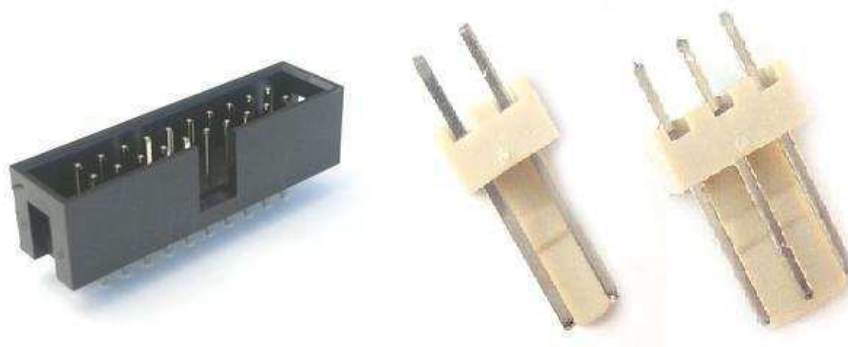
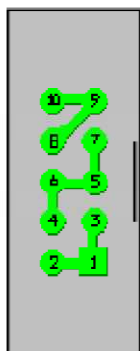


Ilustración 8.2.1: Conectores IDC y Molex

8.2.1 Conexionado de la placa de drivers

Comenzaremos explicando el conexionado de la placa de drivers, explicando la configuración de los pines de los conectores IDC de esta placa.

A continuación podemos observar cómo está configurado el conector de alimentación de la placa de drivers. Esta distribución nos permite alimentar todos los componentes de manera sencilla, reduciendo el cableado necesario para el conexionado.

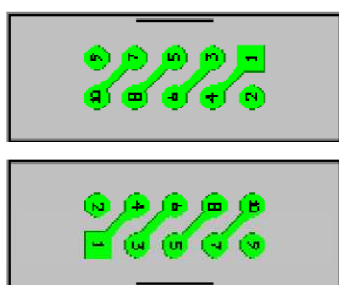


Pin	Conexión
1,2,3	12 Vcc
4,5,6,7	GND
8,9,10	6 Vcc

Ilustración 8.2.1.1: Conector de alimentación de la placa de driver

Seguidamente mostraremos la distribución de pines diseñada para los conectores IDC correspondientes a cada motor. [3]

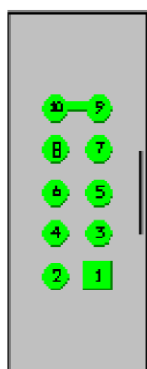
Este tipo de conector nos permitirá una conexión directa entre los motores y la placa a través de un cable plano, de esta manera evitaremos posibles errores de conexión entre las diferentes salidas del motor, lo que nos podría provocar un mal conexionado y una avería en los encoders.



Pin	Conexión
1,4	Alimentación encoders
2	Motor
3,6	Señal del encoder
7,10	GND
9	Motor

Ilustración 8.2.1.2: Conectores de los motores de la placa de drivers

Ahora ilustraremos la distribución de pines del conector IDC que se encarga de comunicar la placa de drivers con la placa de control que gobierna la respuesta de los motores.



Pin	Conexión
1	Señal Dirección motor derecho
2	Señal Dirección motor izquierdo
3	Señal PWM motor derecho
4	Señal PWM motor izquierdo
5	Señal Freno motor derecho
6	Señal Freno motor izquierdo
7	Señal del encoder derecho
8	Señal del encoder izquierdo
9,10	GND

Ilustración 8.2.1.3: Conector de control de motores de la placa de drivers

8.2.2 Conexionado de la placa de control

La placa de control se diseño con el propósito de poder funcionar conectando únicamente un cable plano al conector de 34 pines.

Este conector IDC se conectará a su vez a una placa intermedia, de la que hablaremos más adelante, que se encargará de completar en conexionado con el resto de sistemas del robot. La disposición de pines utilizada en el conector IDC de la placa de control es la siguiente:



Pin	Conexión
1	5 Vcc
2	Gnd
3	P2.0
4	P2.1
5	P2.2
6	P2.3
7	P2.4
8	P2.5
9	P2.6
10	P2.7
11	P0.0
12	P0.1
13	P0.2
14	P0.3
15	P0.4
16	P0.5
17	P0.6

Pin	Conexión
18	P0.7
19	P1.0
20	P1.1
21	P1.2
22	P1.3
23	P1.4
24	P1.5
25	P1.6
26	P1.7
27	
28	
29	P3.2
30	P3.3
31	P3.4
32	P3.5
33	P3.6
34	P3.7

Ilustración 8.2.2.1: Conector IDC de la placa de control

8.3 PLACA INTERMEDIA

Esta es una placa que se ha diseñado con el propósito de interconectar todos los sistemas mediante una distribución accesible de los conectores, con la intención de minimizar el cableado necesario para su conexión. A continuación veremos una ilustración de la placa de conexionado diseñada.

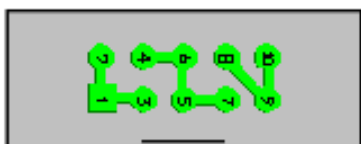


Ilustración 8.3.1: Placa intermedia de conexiones

Los conectores se han situado intentando conseguir un diseño claro y que evite errores en el conexionado, colocándose en la periferia de la placa de manera que la conexión de unos no entorpezca la conexión de otros. Los conectores de alimentación de 5, 6 y 12 Vcc están conectados directamente a los conectores IDC de alimentación del resto de placas correspondientes.

Por tanto la función de la placa intermedia será, entre otras, la distribución de la alimentación adecuada a todas las placas del robot.

El conector denominado “Alimentación Placa Drivers” será el encargado de alimentar la placa de drivers y tiene la siguiente distribución de pines.



Pin	Conexión
1,2,3	12 Vcc
4,5,6,7	GND
8,9,10	6 Vcc

Ilustración 8.3.2: Conector IDC “Alimentación Placa Driver”

El conector “*Salida Placa Drivers*” enviará las señales enviadas por los encoder a la placa de control, ésta a su vez se encargará de enviar las órdenes programadas para el movimiento del robot. [3]

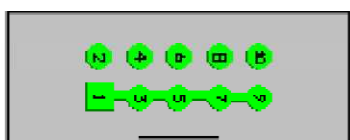
Los pines de este conector estarán a su vez conectados con los pines adecuados del conector “*Microcontrolador Motores*”, el cual va directamente conectado a la placa de control de los motores.



Pin	Señal	Conexión
1	Dirección motor derecho	P2.4
2	Dirección motor izquierdo	P2.6
3,4	PWM	P2.1
5	Freno motor derecho	P2.5
6	Freno motor izquierdo	P2.7
7	Encoder derecho	P1.4
8	Encoder izquierdo	P1.5
9,10	GND	GND

Ilustración 8.3.3: Conector IDC “Salida Placa Driver”

Los sensores infrarrojos encargados de detectar al rival están conectados a través del conector IDC “*Placa GP2D12*”, las señales enviadas por los sensores tanto traseros como delantero atraviesan una puerta OR y llegan al conector “*Microcontrolador Motores*”, de esta forma se controla la detección de un oponente. [3]



Pin	Señal	Conexión
1,3,5,7,9	GND	GND
2	6 Vcc	6 Vcc
4	Sensor frontal derecho	OR→P1.6
6	Sensor frontal izquierdo	OR→P1.6
8	Sensor trasero derecho	OR→P1.7
10	Sensor trasero izquierdo	OR→P1.7

Ilustración 8.3.4: Conector IDC “Placa GP2D12”

Los sensores y actuadores del sistema de recogida y almacenamiento de muestras están conectados a la placa de control a través del conector “*Microcontrolador Muestras*”. [3]

Concretamente los elementos conectados son los servos, bumpers fin de carrera y bumper detector de dispensador. Estos están conectados a la placa intermedia mediante conectores molex.

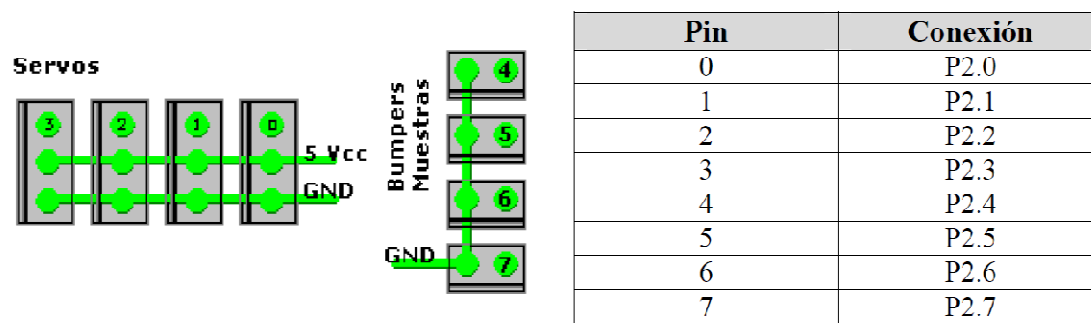


Ilustración 8.3.5: Conectores Molex del sistema gestor de muestras

Los sensores externos envían señales a la placa de control, para conectarlos se utilizarán conectores molex de la placa intermedia que a su vez están conectados con el microcontrolador a través del conector “Microcontrolador Motores”. [3]

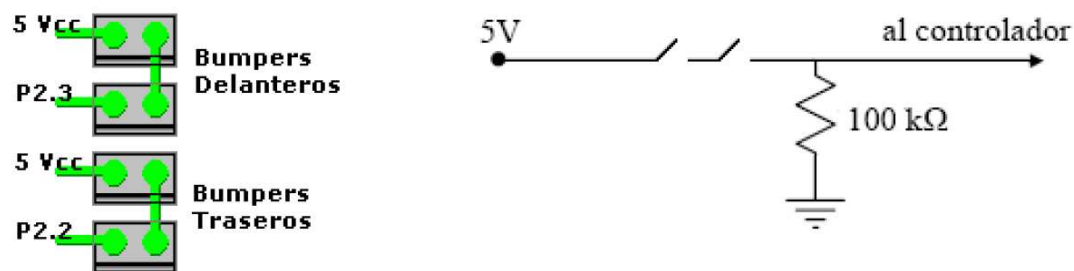


Ilustración 8.3.6: Conectores Molex “Bumpers de posición”

El microcontrolador encargado del control de los motores necesita además información que deberemos proporcionarle antes del inicio de cada partido. Esta información está compuesta por el color adjudicado y la señal de inicio, proporcionada por la anilla de arranque. El color determina la estrategia que seguirá el robot, esta señal se comunicará mediante un conmutador situado en la tapa superior del robot, este variará el estado de un puerto del microcontrolador, estando a nivel alto o bajo en función del color. [3]

Selector de color

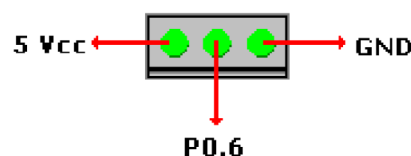


Ilustración 8.3.7: Conector Molex “Selector de color”

La señal de inicio se produce al extraer la anilla de arranque, iniciando la ejecución del programa.

Esta señal se produce al conectar un puerto del microcontrolador, que inicialmente estaba a nivel alto, de manera que al extraer la anilla se interrumpa el circuito y quede conectado a tierra. [3]

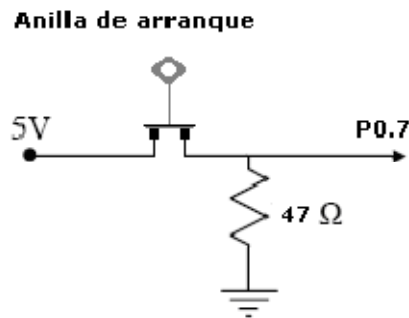


Ilustración 8.3.8: Conector Molex “Selector de color”

También se comunicarán las dos placas de control mediante dos puertos de cada microcontrolador, de esta manera realizamos un control más efectivo de todos los sistemas del robot. El conexionado dota a cada microcontrolador un puerto para enviar y otro para recibir información. [3]

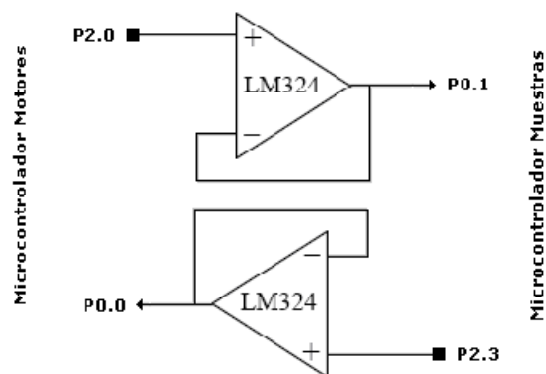


Ilustración 8.3.9: Comunicación entre microcontroladores



CAPÍTULO 9:

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y MEJORAS

9.1 RESULTADOS

Los resultados de obtenidos al final de la competición son los siguientes:

- **Primer puesto** en el certamen nacional **Hispabot 2008** (Alcalá de Henares, España) clasificatorio para la prueba Eurobot 2008: Misión a Marte, disputando un total de 6 encuentros, con un balance de: 6 victorias, 0 empates y 0 derrotas.
- **Cuarto puesto** en la prueba internacional **Eurobot 2008**: Misión a Marte (Heidelberg, Alemania) disputando en la fase de clasificación un total de 5 encuentros, con un balance de: 2 victorias, 0 empates y 3 derrotas, además 4 encuentros en la fase final: victoria en los octavos de final, victoria en los cuartos de final, derrota en la semifinal y derrota en la final de consolación.

9.2 CONCLUSIONES

Realizando un balance de los resultados y la respuesta del robot a lo largo de la competición, podemos concluir que no sólo se superó el objetivo de clasificación para participar en la competición Eurobot en el extranjero, sino que se superaron todas las expectativas al quedar entre los finalistas de la competición.

La mentalidad de realizar un robot simple, fiable y robusto, resultó ser todo un éxito. El desarrollo de un primer prototipo también fue un acierto ya que gracias a esto se pudo comprobar cuales eran los fallos y errores de diseño que debían corregirse, así como la optimización del cableado, desarrollo de sistemas nuevos como las ruedas de corrección de posición al aproximarse al dispensador, y otras observaciones que se experimentaron con este primer prototipo.

Gracias a esto se pudo diseñar un segundo robot que incluyera todas las mejoras y optimizaciones propuestas, como la idea de sustituir en gran medida el policarbonato extruido por el aluminio en algunas zonas del robot.

Las soluciones aplicadas plasmaban en gran medida las experiencias obtenidas durante la carrera, de forma que muchos de los sistemas diseñados se basaban en elementos y componentes estudiados en la carrera y por tanto ya conocidos.

La organización de los sistemas y su colocación de forma ordenada y compacta, resultó una solución acertada de tal manera que las muestras almacenadas, la disposición de los motores, de la batería, los actuadores, sensores y la electrónica en general quedasen accesibles en caso de avería.

Esta organización facilitó mucho las labores de programación, selección de color y apagado de emergencia.

Todo esto fue posible gracias a la mucha ilusión, trabajo, algo de suerte, y un gran equipo de trabajo, así como la entrega de sus componentes, y del gran ambiente de trabajo del que disfrutamos.

También podemos concluir que el robot demostró una gran adaptabilidad a los terrenos de juego, consiguiendo puntuar en todos los partidos con un número mínimo de cinco puntos por partido.

Cabe añadir también que durante la competición hubo un par de misteriosos fallos en los que el robot llegaba a una zona del campo en la que se quedaba quieto y dejaba de responder. Tras varias observaciones, llegamos a la conclusión que el robot se paraba siempre en el mismo lugar, y una posible razón podía ser que justo en ese punto a unos metros en lo alto se encontraba instalado un proyector, para la visualización de los partidos del encuentro, y que este produjera algún tipo de interferencia que anulara por completo la respuesta del robot.

9.3 MEJORAS PROPUESTAS

Teniendo en cuenta los problemas surgidos durante las pruebas y el comportamiento del robot en las competiciones, las mejoras que se proponen son las siguientes:

- Diseño de un sistema mecánico capaz de recoger las muestras situadas en la superficie del campo de juego.
- Añadir al robot un cañón capaz de lanzar las muestras a los contenedores refrigerados.
- Aislamiento de la electrónica frente a radiaciones electromagnéticas externas que provoquen interferencias.



CAPÍTULO 10:

PRESUPUESTO

10.1 COSTE MATERIAL

10.1.1 Estructura

Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Plancha de aluminio de 1.5 mm (2m2)	150.00	1	150.00
Lámina de policarbonato (2m2)	160.00	1	160.00
Ángulo de aluminio 20x20x2.5 mm (2m)	5.10	1	5.10
Escuadras de aluminio de 1.5 mm	0.16	50	8.00
Material de ferretería	Varios	-	30.00
TOTAL			353.10

10.1.2 Sistema de recogida y almacenamiento de muestras

Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Servo Futaba S-3003	12.00	3	36.00
Bumpers	1.18	4	4.72
TOTAL			40.72

10.1.3 Electrónica

Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Placas de circuito impreso	100.00	3	300.00
Componentes electrónicos	Varios	Varios	50.00
Sensores GP2D12	16.50	4	66.00
Batería	31.00	2	62.00
Bobina cables de conexionado(0.5mm2)	46.38	1	46.38
TOTAL			534.38

10.1.4 Sistema Locomotor

Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Motor, encoder y reductora	160.00	2	320.00
Bumpers	1.18	4	4.72
Ruedas	12.50	2	25.00
Ruedas locas	4.00	3	12.00
Soportes y casquillos	37.50	2	75.00
TOTAL			436.72

10.1.5. Campo de pruebas

Concepto	Precio unitario	Unidades	Precio total
Tablero de DM	510	1	510.00
Listones de madera	2.05	10	20.50
Material de ferretería	Varios	-	25.50
Pintura (ref RAL 7034)	10.73	1	10.73
Pintura (ref RAL 5005)	10.73	1	10.73
Pintura (ref RAL 3020)	10.73	1	10.73
Lámina de plástico de 1.5 mm (1m2)	12.35	1	12.35
Canaleta de plástico	16.25	1	16.25
Bolas de juego (roja, azul, blanca)	1.75	5	8.75
TOTAL			625.54

10.2 COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros técnicos y la cuantía de las becas para ingeniero técnico. La duración se ha estimado en 9 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salario brutos son de un 7% en concepto de Seguridad Social y un 22% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Sueldo Mensual	Meses	Total
Ingeniero Técnico Industrial	1500.00	9	13500.00
Ayudante	500.00	9	4500.00
Total antes de impuestos			18000.00
TOTAL			23220.00

10.3 PRESUPUESTO FINAL

El importe total asciende a:

Concepto	Total
Coste de material	1990.46
Coste de personal	23220.00
TOTAL	25210.46

El presupuesto de ejecución material del proyecto asciende a la cantidad de **VEINTICINCO MIL DOSCIENTOS DIEZ CON CUARENTA Y SEIS EUROS**



CAPÍTULO 11:

BIBLIOGRAFÍA

11.1 RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

- [1] SISTEMA DE CONTROL DE TRACCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE UN MICROROBOT EUROBOT 2008. Roberto Apéstigue Oreja. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ACCIONAMIENTO DE RECOGIDA DE MUESTRAS DE UN MICROROBOT EUROBOT 2008. José Luis Martín Gómez. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [3] DISEÑO ELECTRÓNICO DE UN MICROROBOT “EUROBOT 2008”. José Ignacio Albillo Arribas. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [4] DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT: SISTEMA SENSORIAL Y DE COMUNICACIONES. Laura de la Cruz Redondo. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [5] B. Odant, Microcontroladores 8051 y 8052, Editorial Paraninfo, 1995
- [6] Normativa Eurobot 2008. “*Misión a Marte*”.
- [7] Tema 2, Automatización Industrial II. 2º Cuatrimestre, 3º Curso I.T.I. Electrónica Industrial.

11.2 RECURSOS ELECTRÓNICOS

- [8] http://buscon.rae.es/draeI/SrvltGUIBusUsual?TIPO_HTML=2&TIPO_BUS=3&LEMA=rob%C3%B3tica
- [9] <http://www.roboticspot.com/robotica/robotica.shtml>
- [10] <http://robothumano.galeon.com/productos774285.html>
- [11] <http://www.ovaliente.com.ar/perso/robot/definamo.htm>
- [12] <http://buscon.rae.es/draeI/SrvltGUIBusUsual?LEMA=robot>
- [13] http://buscon.rae.es/draeI/SrvltGUIBusUsual?TIPO_HTML=2&TIPO_BUS=3&LEMA=aut%C3%B3mata
- [14] [http://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata_\(mec%C3%A1nico\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata_(mec%C3%A1nico))

- [15] <http://www.quizma.cl/robotica/historia.htm>
- [16] <http://robotiica.blogspot.com/2007/10/historia-de-la-robotica.html>
- [17] http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas_en_la_historia.htm
- [18] <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/bs-as/hombre-vs-maquina/histoori.htm>
- [19] http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/industrial.htm
- [20] http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/aplicaciones.htm
- [21] <http://www.depeca.uah.es/alcabot/eurobot/eurobot.html>
- [22] http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera
- [23] http://es.wikipedia.org/wiki/Sensores_infrarrojos
- [24] <http://www.terra.es/personal/fremiro/Archivos/GP2d12%20.PDF>
- [25] <http://www.Bernio.it>
- [26] <http://www.maxim-ic.com>
- [27] <http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
- [28] http://usuario.cicese.mx/~orodrigu/uabc/ip/Historia_C.htm



ANEXOS
